ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 25 AVRIL 1910.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE PICARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. G. **Darboux** fait hommage à l'Académie de la traduction italienne de la Conférence qu'il a faite, le 24 septembre 1904, *Sur le développement des méthodes géométriques*, au Congrès des Sciences et des Arts de Saint-Louis.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Distribution des filaments dans la couche supérieure de l'atmosphère solaire*. Note de M. H. **Deslandres**.

Les couches supérieures de l'atmosphère solaire ont été récemment révélées et photographiées à l'Observatoire de Meudon, dans la demi-sphère entière tournée vers la Terre. Auparavant elles étaient obtenues mélangées à une ou même à deux couches plus basses, qui, beaucoup plus lumineuses, la masquaient presque complètement. Or, en 1908, après avoir organisé un grand spectrohéliographe d'un type nouveau, j'ai pu, avec la collaboration de d'Azambuja, séparer nettement les trois couches superposées de la vapeur du calcium signalées par moi en 1892 et 1894 avec le spectrographe ordinaire; et, en 1909, ce résultat a été étendu à l'hydrogène dont la division en trois couches est moins apparente.

La couche supérieure, la plus nouvelle, est donnée par le centre de la raie K pour le calcium et de la raie H_α pour l'hydrogène; elle montre une série de phénomènes nouveaux déjà exposés en partie dans plusieurs Notes précédentes (1).

---

(1) *Comptes rendus*, t. CXLVII, 1908, p. 334, 467 et 1016; t. CXLVIII, 1909, p. 1011 et 1235; t. CXLIX, 1909, p. 179, 493 et 521.

Le phénomène principal est l'apparition de lignes noires, souvent très longues, appelées *filaments*, qui remplacent les taches de la surface absentes ou très diminuées. Les filaments se retrouvent les mêmes dans les images de l'hydrogène et du calcium; mais ils se montrent surtout nettement dans l'image de l'hydrogène moins riche en petits détails, aussi nettement que les taches dans une image de la surface. D'autre part, surtout avec le calcium, ils se rattachent à d'autres lignes moins noires et nettes de la couche supérieure, appelées *alignements*, qui forment sur le disque un véritable réseau plus ou moins régulier.

Les filaments ont une importance au moins égale à celle des taches; comme elles, ils sont le siège de grandes perturbations et sont accompagnés de protubérances (1). Leur aire noire totale est supérieure à celle des taches.

Déjà, à la fin de 1908, ayant à ma disposition les images du calcium pour quatre rotations entières de l'astre, j'ai publié sur la question dans les *Comptes rendus* une première Note intitulée : *Caractères de la couche supérieure de l'atmosphère gazeuse du Soleil.* Puis, en 1909, la recherche a été étendue à l'hydrogène et poursuivie dans des conditions meilleures, l'appareil ayant été peu à peu perfectionné.

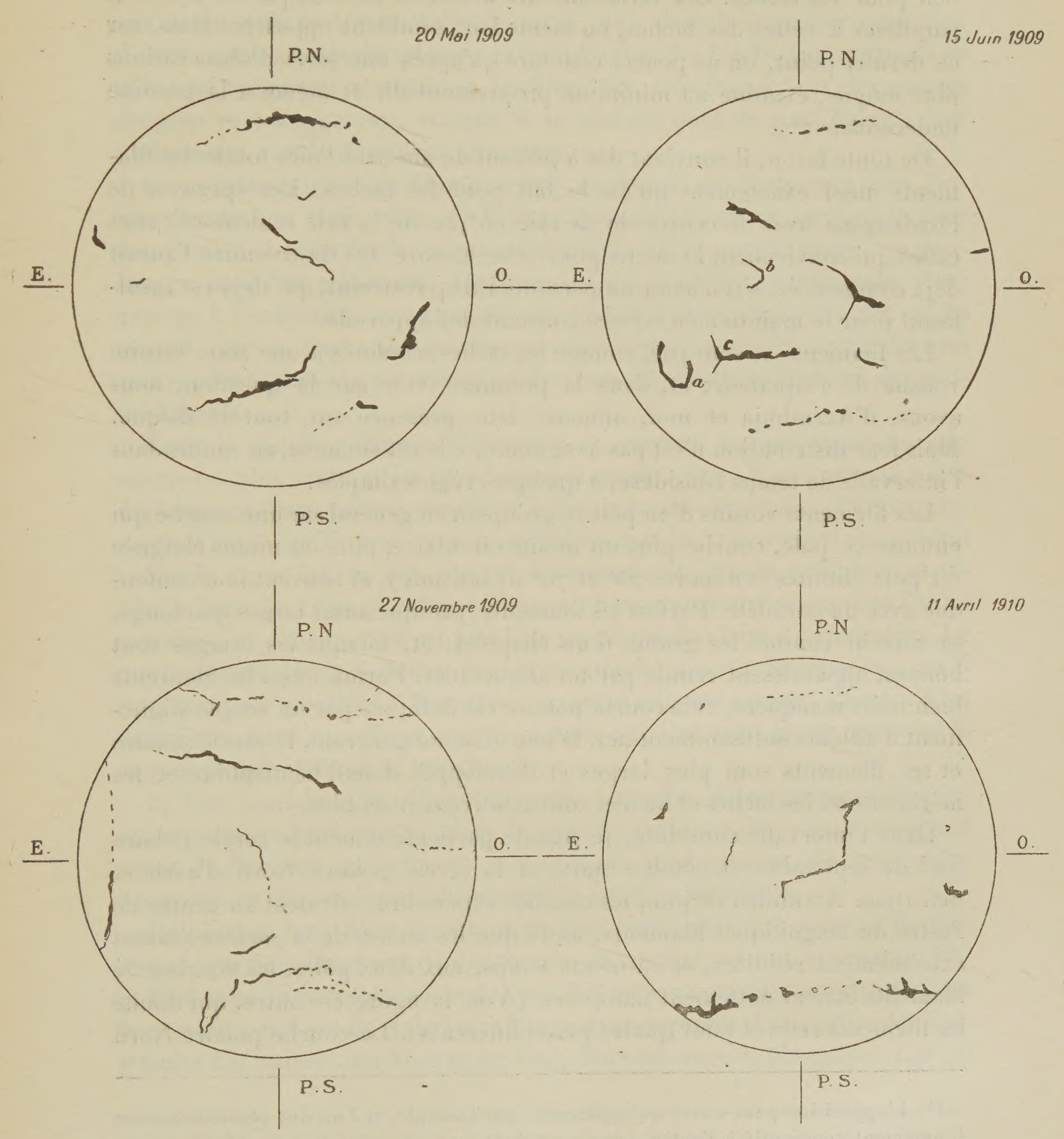
Actuellement l'Observatoire a les images de la couche supérieure pour 20 rotations au moins avec le calcium et pour 14 avec l'hydrogène, et en plus les épreuves d'un autre appareil, le spectro-enregistreur des vitesses, qui enregistre au même moment les mouvements radiaux des vapeurs.

Tous ces documents rapprochés ont mis en relief d'autres propriétés de la couche supérieure; ils ont permis de suivre les variations des filaments dans l'intervalle déjà grand de 1908 à 1910. Le Soleil est actuellement dans la phase de déclin, et se rapproche du minimum. Les taches ont diminué sensiblement. En est-il de même des filaments ?

Dans le second semestre de 1908, et particulièrement en août, les taches ont été nombreuses et importantes; mais les filaments y sont moins développés que dans le premier trimestre de 1909, et dans les mois de mai et juin où l'activité de l'astre est au contraire affaiblie. D'ailleurs les filaments se montrent de préférence dans l'hémisphère et les méridiens où les taches et facules manquent. Si l'examen se poursuit dans le second semestre de 1909 et en 1910, les filaments augmentent encore, contrairement à ce qui a

(1) Les protubérances métalliques doivent être liées aux taches et les protubérances hydrogénées aux filaments et aux larges plages noires autour des facules, appelées par moi *circumfacules*.

Images de la couche supérieure de l'atmosphère solaire avec les filaments noirs caractéristiques.



Ces images, obtenues avec l'aide de d'Azambuja, ont été relevées sur les épreuves monochromatiques du Soleil obtenues avec la partie centrale des raies H_α de l'hydrogène ou K du calcium. Elles montrent seulement les filaments noirs sans les alignements. Les plages brillantes des épreuves au-dessus des facules n'ont pas été représentées.

lieu pour les taches. Les variations des filaments ne sont pas exactement parallèles à celles des taches, ou même leur semblent opposées. Mais, sur ce dernier point, on ne pourra conclure qu'après une série d'observations plus longue, étendue au minimum proprement dit et même à la période undécennale [1].

De toute façon, il convient dès à présent de mesurer l'aire totale des filaments aussi exactement qu'on le fait pour les taches. Les épreuves de l'hydrogène avec le centre de la raie ($0^{\text{A}},20$ de la raie seulement) sont celles qui conviennent le mieux pour cette mesure. L'Observatoire l'aurait déjà commencée, s'il n'avait un personnel trop restreint, qui déjà est insuffisant pour le maintien en service constant des appareils.

Les filaments ne sont pas, comme les taches, confinés à une zone étroite voisine de l'équateur; et, dans la première Note sur la question, nous avons, d'Azambuja et moi, annoncé leur présence sur tout le disque. Mais leur distribution n'est pas irrégulière, elle est soumise, au moins dans l'intervalle de temps considéré, à quelques règles simples.

Les filaments voisins d'un pôle se groupent en général sur une courbe qui entoure ce pôle, courbe plus ou moins circulaire, plus ou moins éloignée du pôle (limites ordinaires 50° et 70° de latitude), et souvent non confondue avec un parallèle. Parfois les filaments, presque aussi larges que longs, se suivent comme les grains d'un chapelet; et, lorsque les images sont bonnes, apparaissent réunis par un alignement. Parfois aussi les filaments bien noirs manquent, et la courbe polaire est indiquée par un simple alignement d'ailleurs suffisamment net. D'une manière générale, le cercle polaire et ses filaments sont plus larges et développés dans l'hémisphère et les méridiens où les taches et facules sont relativement faibles.

Dans l'intervalle considéré, je signale particulièrement le cercle polaire Sud de septembre et octobre 1908, et le cercle polaire Nord d'avril et mai 1909. Au milieu de juin, les couches supérieures offraient au centre de l'astre de magnifiques filaments, alors que les taches de la surface étaient extrêmement réduites, et en même temps, aux deux pôles, les courbes de filaments étaient nettement indiquées. (Voir la figure ci-contre, qui donne les filaments relevés pour quatre jours différents). La courbe polaire Nord

[1] L'opposition peut n'être qu'apparente; par exemple, si l'un des phénomènes est simplement consécutif à l'autre, ou a une durée un peu plus longue. D'autre part, comme on le verra plus loin, le filament est, par essence, entre deux groupes de taches et donc se montre surtout dans les méridiens sans tache.

de fin janvier, très rapprochée du pôle, est aussi curieuse; mais la plus intéressante de toutes est celle de mars, qui, dans la première quinzaine d'avril, a pris un développement extraordinaire. Le cercle, concentrique au pôle, est fortement marqué, et les filaments, très larges, ont des pointes dirigées vers l'équateur, comme si la matière dont ils sont formés était violemment portée dans cette direction.

Les cercles polaires de filaments ont augmenté manifestement dans l'intervalle de nos recherches, et il importera de les suivre sans arrêt pour reconnaître si cette tendance est accidentelle, ou de courte durée, ou prolongée jusqu'au minimum. De toute façon, comme les filaments sont, comme à l'ordinaire, accompagnés de protubérances, leur présence est en accord avec la durée du maximum plus longue avec les protubérances qu'avec les taches et peut correspondre à un maximum secondaire des protubérances.

Entre la courbe polaire et l'équateur se trouvent ordinairement les filaments les plus noirs et les plus longs, et ce sont ceux-là qui ont été notés déjà comme étant parfois parallèles à deux grandes directions. Plus exactement, l'angle qu'ils font avec le méridien qui les traverse est en général voisin de 0°, ou 30°, ou 60°, ou 90°. Autrement dit, ils sont à peu près parallèles à l'une des trois directions d'un petit hexagone régulier supposé fixé au méridien, et dont un côté est parallèle ou perpendiculaire à ce méridien. Le cercle polaire décrit ci-dessus peut être rattaché à cette dernière loi, car il est à peu près parallèle à l'équateur, ayant d'ailleurs souvent l'aspect d'un polygone plutôt que d'une courbe, autant que l'on peut juger, puisque la courbe se présente par la tranche ([1]).

Si l'on considère les filaments seuls et non les alignements qui les traversent ou les prolongent, dans la grande majorité des cas, l'extrémité ouest du filament est celui qui a la latitude la plus basse. Cette dernière propriété est liée vraisemblablement à la rotation de l'astre.

De plus, le long filament est en général isolé, avec des amorces de filaments, qui s'en détachent de distance en distance et surtout aux extrémités, et font avec lui un angle voisin de 120°. Tel est le cas du filament droit *c* dans le quadrant sud-est du Soleil du 15 juin 1909, représenté ci-contre. De l'extrémité Est partent, au Nord et au Sud, deux amorces de filaments à 120°, si

---

([1]) La courbe offre alors des sortes de sommets, qui souvent sont le point de départ de grands alignements dirigés vers l'équateur.

bien que l'on a un centre à trois rayons, comparable au sommet d'un dodécaèdre régulier projeté sur la sphère inscrite.

Lorsque les filaments sont courts, on trouve réunis jusqu'à trois côtés de l'hexagone, et même plus, ainsi qu'aux points *a* et *b* du même Soleil du 15 juin. Parfois on a plusieurs hexagones complets juxtaposés, tout semblables aux cellules tourbillons des liquides; le Soleil du 5 août 1909, qui sera publié prochainement, en fournit un exemple. Les angles de ces polygones sont vifs à certains moments, mais en général s'arrondissent rapidement.

Tous ces faits sont extrêmement curieux et décèlent la tendance des filaments à une structure géométrique. Si l'on ajoute les alignements qui les complètent, le réseau total est parfois très régulier et a l'aspect d'un polyèdre sphérique, à faces nombreuses et semblables [1].

L'explication complète de tous ces phénomènes est évidemment prématurée. On peut préciser seulement les analogues déjà signalées avec les cellules tourbillons des liquides et avec les aires de haute et basse pression de notre atmosphère.

D'après les premières mesures de vitesse radiale faites à Meudon au centre du disque, la vapeur, au-dessus de la facule, descend, mais d'autre part s'élève tout autour et aussi particulièrement au-dessus du filament. La couche supérieure s'annonce ainsi comme formée de tourbillons cellulaires juxtaposés, dont le mouvement est plus ou moins troublé. Si, à l'emplacement de la facule, la vapeur descend plus vite, au lieu de s'écouler sur les côtés, ainsi que dans le cas normal, elle s'enfonce au-dessous et fait un trou dans la surface; d'où la tache ordinaire. Si cette même vapeur, qui plus loin s'élève, a aussi une vitesse plus grande, elle perce la couche supérieure et donne naissance au filament et aux protubérances qui l'accompagnent [2]. Dans cet ordre d'idées, le filament est la contre-partie de la tache et lui est à certains égards opposé.

Or les taches et les facules voisines forment, tout près de l'équateur, une

---

[1] Ainsi, le 5 août 1909, on a de grands pentagones juxtaposés, qui font penser à un dodécaèdre régulier circonscrit à la sphère.

[2] La vitesse plus grande des gaz qui descendent ou qui montent peut tenir à plusieurs causes. En tout cas, on conçoit que les gaz aient tendance à former un tourbillon à axe vertical sur la tache et un tourbillon à axe horizontal sur le filament. Ce dernier tourbillon est aussi possible avec la tache; d'où les petits filaments, minces et courbes, qui parfois en émanent et sont les seuls filaments bien comparables aux couloirs de grains de nos orages.

zone dite *zone royale*, qui est bien développée au moment du maximum et correspond à la zone de haute pression de notre atmosphère à la latitude de 35°. Dans la phase de déclin, les taches se rapprochent de l'équateur et diminuent, et simultanément apparaissent avec netteté les cercles polaires de filaments, plus ou moins rapprochés des pôles, qui annoncent une zone de basse pression. Il doit donc exister en permanence entre ces zones un grand courant de convection, ou une circulation méridienne, analogue d'ailleurs à celle de la Terre dans les mêmes régions ([1]). De plus le grand courant de convection est souvent divisé en tourbillons cellulaires, encore grands, mais secondaires, qui sont séparés par les filaments et alignements signalés plus haut.

En résumé la reconnaissance des filaments polaires est importante, d'autant qu'elle explique la distribution et les variations spéciales des protubérances, jusqu'alors jugées mystérieuses, et non reliées aux autres phénomènes solaires. Elle sera poursuivie et avec l'appoint de mesures continues de vitesses radiales, étendues au disque entier. Il faudrait seulement, pour une solution rapide, une longue série de beaux jours et un bureau de mesures, qui manquent encore à l'Observatoire.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude des échappées du beurre de coco. Composition de l'essence de coco.* Note de MM. **A. Haller** et **A. Lassieur.**

Comme le beurre de coco renferme les mêmes glycérides que le beurre ordinaire, sauf la butyrine, on a cherché depuis une trentaine d'années à l'introduire dans l'alimentation sous les différents noms de végétaline, de cocosine, de lauréol, etc.

Mais, tandis que la matière grasse extraite, sur les lieux d'origine, des noix de coco fraîches, possède l'arôme assez agréable de l'amande et est consommée sur place, il n'en est pas de même du beurre employé en Europe.

Celui-ci provient, ou bien des huileries installées aux Indes et à Ceylan, ou bien de l'expression, faite sur notre continent, des amandes de coco séchées au soleil ou dans des fours appropriés et qui nous arrivent sous le

---

([1]) Ce grand courant de convection, qui peut être doublé de deux autres, au Nord et au Sud, peut expliquer aussi simplement la forme spéciale des jets coronaux lors du minimum.

nom de *coprah*. La majeure partie de l'huile de coco traitée en Europe a cette dernière origine. Des recherches entreprises jadis sur le beurre de coco que nous avons soumis à l'alcoolyse nous ont conduits à faire l'étude des produits fortement odorants qu'il contient ordinairement et qu'on élimine par différents procédés, de façon à rendre cette matière grasse propre à l'alimentation.

Parmi les substances qui communiquent à l'huile de coco brute son odeur désagréable, il faut citer les acides gras (caproïque, caprylique, caprique, laurique, etc.), provenant de l'hydrolyse partielle des glycérides, et des matières fortement odorantes qui tiennent sans doute à l'origine de l'huile.

Les acides libres sont séparés par un traitement aux alcalis ou aux terres alcalines, tandis que les autres produits malodorants sont éliminés en soumettant la matière à un courant de vapeur d'eau surchauffée. Condensée, cette vapeur d'échappement fournit un mélange de matière grasse entraînée mécaniquement, d'acides gras résultant d'une saponification partielle des glycérides et des produits neutres odorants.

I. C'est un pareil mélange, livré sous le nom d'*échappées du beurre de coco*, que nous avons soumis à l'étude (1).

Il se présente sous la forme d'un liquide de couleur plus ou moins foncée, à odeur extrêmement persistante rappelant celle de l'essence de rue. On le neutralise en l'agitant avec une solution de soude étendue. Le produit neutre restant renferme de petites quantités d'une aldéhyde déjà signalée, mais non caractérisée, par M. Bontoux (2), car il réduit l'azotate d'argent ammoniacal et rougit la fuchsine bisulfitée. Il se combine presque intégralement au bisulfite de soude pour donner un produit blanc, soluble dans l'eau froide, mais que l'eau bouillante dissocie en ses composants. Ce produit se dissout également dans l'alcool, qui l'abandonne à l'état cristallisé.

Après l'avoir lavée à l'éther, cette combinaison sulfitique est décomposée par de l'acide sulfurique étendu, on décante la couche surnageante qui se forme, on la lave avec de l'eau alcaline, on la sèche et on la soumet à la distillation fractionnée.

Les produits qu'on obtient passent de 75° à 109° sous 12mm, avec une portion principale (65 à 70 pour 100) qui distille de 99° à 109° sous la même

---

(1) Nous adressons nos vifs remercîments à MM. Rocca, Tassy et de Roux, qui ont très obligeamment mis à notre disposition une certaine quantité de ces échappées.

(2) Bontoux, *La Technique moderne*, 1re année (1909), p. 605. C'est à propos d'un article bien documenté où l'auteur fait un historique très complet des différentes méthodes qui ont été préconisées et employées pour la purification et la désodorisation du beurre de coco, que M. Bontoux appelle l'attention sur la présence d'aldéhydes et de cétones dans les échappées.

pression. Aucune de ces fractions ne réduit plus sensiblement la solution ammoniacale d'azotate d'argent; il faut en conclure que la matière primitive ne renferme que des traces d'une substance à fonction aldéhydique.

Les portions passant de 99° à 109°, soumises à de nouvelles rectifications, fournissent finalement un liquide bouillant à 105°-106° sous 12^{mm} et à 225° sous 760^{mm}. Ce liquide se prend en masse à quelques degrés au-dessus de zéro et refond de nouveau à 15°. Sa densité $D = 0,832$.

L'analyse lui assigne la formule $C^{10}H^{20}O$ (1) ou plutôt $C^{11}H^{22}O$. Nous verrons en effet, dans la suite, que ce corps répond en réalité à cette dernière composition.

Pour nous rendre compte de sa fonction, sur laquelle nous sommes déjà renseignés par la propriété qu'il possède de se combiner au bisulfite de soude, nous avons préparé son oxime et sa semicarbazone.

L'oxime $C^{11}H^{22}NOH$, préparée par les procédés ordinaires, se présente sous la forme de beaux prismes blancs fondant à 44°-45°. Chauffée avec de l'anhydride acétique, elle donne naissance à un acétate $C^{11}H^{22}NOCOCH^3$ qui constitue un liquide incolore, fort mobile, presque inodore et bouillant à 164°-166° sous 12^{mm}. Ce corps ne se solidifie pas dans le chlorure de méthyle.

La semicarbazone $C^{11}H^{22} = N.NHCONH^2$ cristallise en fort beaux prismes blancs fondant à 120°. Après solidification, le produit fond à 114°. Soluble dans l'alcool bouillant, cette semicarbazone l'est très peu dans l'alcool froid.

Pour nous rendre compte de la constitution de cette cétone, nous avons tenté de l'oxyder au moyen du permanganate de potasse et au moyen du mélange chromique. Les deux essais n'ont pas conduit au résultat cherché; la cétone est en effet à peine attaquée dans les conditions où nous avons opéré.

On peut, par contre, l'oxyder au moyen de l'hypobromite de soude, en ayant soin d'opérer à froid; car si l'on opère à chaud, il se forme un acide bromé.

On dissout 126^g de soude en plaques dans 1260^g d'eau et, à la solution maintenue à 0°, on ajoute peu à peu, tout en évitant une élévation de température, 180^g de brome. La cétone est ensuite mélangée à cette solution et

---

(1) Dans une Communication préliminaire que nous avons faite au Congrès de Chimie appliquée de Londres en 1909, nous avions, à tort, appliqué la formule $C^{10}H^{20}O$ à cette cétone, n'ayant pas encore réussi à ce moment à la dédoubler.

le tout est agité pendant deux jours. Au bout de ce temps, on constate que toute la cétone a disparu et qu'il s'est déposé du bromoforme. On décante, on lave avec de l'éther, et la solution alcaline est acidulée avec de l'acide sulfurique. Le précipité huileux qui se forme est séparé, lavé à l'eau et distillé. On recueille un produit qui passe à 160°-164° sous 12^{mm}, et dont l'analyse donne des chiffres conduisant à la formule de *l'acide caprique* $C^{10}H^{20}O^{2}$. Solidifié, il fond à 30°, point de fusion de l'acide normal. Ce point de fusion ne change pas, quand on mélange cet acide avec celui préparé par saponification du caprate de méthyle pur provenant de la méthanolyse du beurre de coco.

Ce dédoublement du composé $C^{11}H^{22}O$ en bromoforme et en acide caprique, en vertu de la réaction

$$(C^9H^{19}.COCH^3) + 3BrONa = CBr^3.CO.C^9H^{19} + 3NaHO,$$
$$CBr^3.CO.C^9H^{19} + NaHO = CHBr^3 + C^9H^{19}COONa,$$

montre nettement qu'on a affaire à de la *méthylnonylcétone normale*. Cette cétone est identique à celle trouvée dans l'essence de rue (*Ruta graveolens*) et qui fut l'objet de nombreuses études, depuis l'année 1811 où Mähl la mentionna pour la première fois dans le *Journal de Trommsdorf* (t. XX, 2, p. 29).

Longtemps considérée comme une aldéhyde en $C^{10}H^{20}O$, puis comme une aldéhyde en $C^{11}H^{22}O$, la constitution et la fonction de cette molécule ne furent réellement établies qu'à la suite de la synthèse qu'en firent d'abord Gorup-Besanez et Grimm par distillation d'un mélange d'acétate et de caprate de calcium, puis Guthzeit par dédoublement de l'éther octylacétoacétique.

Bien que l'identité de notre cétone avec celle existant dans l'essence de rue découle des données que nous avons signalées, nous avons cru devoir traiter une certaine quantité de cette essence en vue d'en extraire la méthylnonylcétone et en préparer l'oxime et la semicarbazone. Les deux composés obtenus fondent respectivement à 44°-45° (Carrette indique 46°) et 122° (Thoms accuse 123°-124°). La semicarbazone, après une première fusion et refroidissement subséquent, fond à 114° comme celle obtenue avec notre cétone. De plus, ces oxime et semicarbazone, mélangées respectivement avec nos dérivés, donnent des produits qui fondent aux mêmes températures (44°-45° et 114°).

III. Les difficultés rencontrées dans l'oxydation de la cétone nous avaient conduits à essayer de résoudre le problème en passant par l'alcool

que nous avions l'intention de transformer en carbure éthylénique; celui-ci devait ensuite être soumis à l'oxydation.

Au lieu d'hydrogéner la cétone par du sodium au sein de l'alcool éthylique, nous avons employé la méthode de MM. Sabatier et Senderens en nous servant d'un nickel réduit à 300°.

Pour opérer la réduction au sein d'un courant d'hydrogène, nous avons dû porter la température progressivement de 250° à 300°, et avons alors constaté qu'il se formait de l'eau en même temps qu'un liquide que nous avons ensuite rectifié.

100^g de cétone nous ont fourni :

I.	15^g	de produit passant de	65° à 70°	sous 12^{mm}
II.	45	»	110 à 115	»
III.	20	»	220 à 225	»

La fraction est constituée par un carbure distillant à 150°-155° sous 760^{mm} et dont la composition se rapproche d'un *nonane* C^9H^{20}. Sa cryoscopie dans le benzène a fourni 122 comme poids moléculaire. Théorie = 128.

La fraction II est un mélange de la cétone primitive et du produit III.

Quant à la portion III, elle se prend en masse par le refroidissement. C'est une matière blanche, cristallisant confusément et fondant à 27°.

L'analyse de cette matière a donné des chiffres conduisant à la formule $C^{22}H^{44}O$.

Nous en avons déterminé le poids moléculaire par la cryoscopie dans le benzène et avons trouvé M = 269 au lieu de 324.

La composition de cette substance, ainsi que son poids moléculaire très élevé, nous font supposer qu'elle constitue une pinocaline de notre cétone.

Elle donne en effet une *oxime* $C^{22}H^{44}NOH$ qui se présente sous la forme d'un liquide épais, incolore, qui bout à 233°-237° sous 15^{mm}, et une semicarbazone qui fond à 225°-227°.

Pour nous renseigner sur sa constitution nous avons essayé de l'oxyder au moyen de l'hypobromite de soude. Agitée pendant 8 jours avec ce réactif, la matière ne s'est pas altérée et a conservé son aspect et ses propriétés primitifs. Si l'on a affaire à une pinacoline il est donc probable que sa constitution répond à l'une des deux formules

$$\text{(I)} \qquad \begin{matrix} C^9H^{19} \diagdown \\ CH^3 - C.CO\,C^9H^{19}, \\ CH^3 \diagup \end{matrix}$$

ou

$$\text{(II)} \qquad \begin{matrix} C^9H^{19} \diagdown \\ C^9H^9 - C.COCH^3, \\ CH^3 \diagup \end{matrix}$$

et que des deux la plus plausible est la formule (I), puisque le corps n'est pas dédoublé par l'hypobromite.

IV. Ainsi que nous l'avons fait observer plus haut, le liquide soumis à l'étude contient une fraction distillant de 75° à 99° sous 12mm et qui est beaucoup moins importante que celle qui passe à une température plus élevée.

Quand on soumet cette fraction à une série de rectifications, on réussit à isoler un produit passant de 75° à 80° sous 12mm et qui a la composition de la *méthylheptylcétone* $C^7H^{15}COCH^3$, cétone qui fait également partie constituante de l'essence de rue.

La *semicarbazone* $C^{10}H^{21}N^2O$ de notre cétone fond à 119°-120° comme celle de la méthylheptylcétone contenue dans cette essence. Nous avons mélangé les deux semicarbazones d'origine différente et avons constaté que le point de fusion restait le même.

En résumé, les deux cétones que nous avons isolées dans la partie des échappées du beurre de coco qui distille de 75° à 109° sous 12mm sont identiques à celles qui font partie intégrante de l'essence de rue (*Ruta graveolens*).

En présence de ce résultat, nous nous sommes demandé si, étant donnée la haute température à laquelle est soumis le beurre brut pour amener sa désodorisation, il ne serait pas possible qu'il y eût formation de cétones aux dépens des acides de saponification, au cours de ce traitement.

Bien qu'une pareille hypothèse ne fût guère admissible, puisqu'en l'espèce nous n'avons trouvé que des *méthylheptyl* et *méthylnonylcétones* et que le beurre de coco ne renferme pas de glycérides inférieurs à la caproïne, par conséquent pas d'acétine, nous avons néanmoins cherché à avoir une matière n'ayant pas subi les manipulations énergiques dont nous venons de parler. Dans ce but nous avons traité 20kg de beurre de coco brut par de l'alcool. La distillation de l'alcool nous a donné un résidu qui a été entraîné à la vapeur d'eau, et l'huile, en très petite quantité, qui a été isolée possédait l'odeur caractéristique des échappées. De plus elle a fourni avec la semicarbazide environ 0g,10 d'une semicarbazone fondant entre 115°-119°.

Il est donc permis de conclure que les deux cétones préexistent bien dans le beurre de coco.

Ce qui le confirme dans une certaine mesure, c'est que les échappées exa-

minées au polarimètre montrent une déviation de + 19′ dans un tube de 200^{mm}. Or l'on sait que dans l'essence de rue les deux méthylheptyl et méthylnonylcétones sont accompagnées de leurs alcools correspondants, le méthylheptylcarbinol et le méthylnonylcarbinol, qui dévient respectivement de − 3°3′ et − 2°36′ pour une longueur de 50^{mm}. Il est vrai que la rotation de ces alcools est de sens contraire à celle observée sur l'essence de coco.

Il se pourrait donc que l'activité de l'essence de coco pût être attribuée à la présence des antipodes de ces mêmes alcools dans ce produit. Nous n'avons pas eu assez de matière à notre disposition pour nous assurer de cette présence, mais nous comptons revenir sur ce travail.

L'ensemble de nos recherches nous permet de formuler les conclusions suivantes :

1° Le beurre de coco brut doit son odeur particulière a une essence dont les deux constituants principaux sont la *méthylheptylcétone* et la *méthylnonylcétone*. Malgré l'épuration la plus soignée, le beurre de coco alimentaire renferme encore des traces de ces cétones dont l'odeur particulière se perçoit en chauffant la matière grasse.

2° Cette essence contient en outre de petites quantités d'une aldéhyde non isolée, et dévie la lumière polarisée.

3° Ces caractères sont ceux de l'essence de rue (*Ruta graveolens*) qui, nous le répétons, renferme les mêmes cétones, et dont la déviation est due à la présence des méthylheptylcarbinol et méthyl-nonylcarbinol actifs, alcools correspondant aux deux cétones précitées.

4° Quand on hydrogène la méthylnonylcétone en présence du nickel réduit à une température de 250° à 300°, on la transforme partiellement en un carbure C^9H^{20}, moins riche en carbone que la cétone primitive, et en une pinacoline $C^{22}H^{44}O$. A notre connaissance, on n'avait encore jamais observé, dans des conditions semblables, la formation d'une pinacoline à poids moléculaire aussi élevé.

PALÉONTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Les caractéristiques de la trace foliaire botryoptéridienne.* Note de MM. **C.-Eg. Bertrand** et **F. Cornaille.**

B. Renault a défini son genre *Botryopteris* par la figure en petit oméga renversé de la section transversale de la masse libéro-ligneuse de son pétiole. Cette définition a été donnée d'après les pétioles primaires du *B. forensis* BR.

On retrouve cette même figure dans les ramifications élevées de la fronde, dans sa partie inférieure encore attachée au stipe et dans les rachis fructifères. La meilleure figure publiée de cette trace est la figure 5, planche XXXII, de la *Flore fossile du Bassin houiller d'Autun et d'Epinac*. Elle montre plusieurs groupes trachéens sur la surface extérieure des branches latérales de l'oméga. Elle montre aussi les groupes trachéens symétriques qui sont de chaque côté de la pointe libre de la branche médiane de l'oméga. Dans les pétioles primaires des *Botryopteris* de la section *Tridentata*, la trace possède seulement trois pointements trachéens antérieurs. Par réduction elle ne présente plus qu'un seul groupe trachéen dans les ramifications supérieures de la fronde.

La trace foliaire botryoptéridienne est composée de deux pièces, *une pièce principale* qui forme la branche médiane de l'oméga, et *une pièce réceptrice* dont les moitiés symétriques forment les branches latérales. La pièce réceptrice est beaucoup plus volumineuse que la pièce principale. Elle est courbée en arc, la concavité et l'ouverture étant tournées vers le centre de figure C du stipe. Elle entoure extérieurement la pièce principale. La pièce principale est homologue de la totalité de la chaîne des Fougères actuelles. La pièce réceptrice n'a pas d'équivalent chez nos Filicinées. Elle représente une différenciation inattendue de la région des *marges*. On ne connaît de pièces réceptrices analogues que chez les Zygoptéridées où elles sont autrement agencées.

Les marges réelles L_g, L_d, au nombre de deux, sont symétriques l'une de l'autre par rapport au plan médian antéro-postérieur CS du pétiole, de chaque côté du pointement antérieur de la chaîne principale. La ligne des marges L_g, L_d est une perpendiculaire à la surface de symétrie, ou une ligne très faiblement convexe en avant lorsqu'on la prolonge jusqu'aux pointes antérieures du système récepteur. Elle garde cette orientation quels que soient la réduction de la trace et le rapprochement de ses marges. La trace botryoptéridienne est donc presque tout entière en arrière de la ligne des marges comme la trace anachoroptéridienne. La ligne des marges ne devient pas *ligne de symétrie accessoire*, contrairement aux Zygoptéridées à pétioles primaires bisymétriques.

La pièce principale n'a que deux pôles Δ_g^l, Δ_d^l, placés aux marges. Ils sont cupuliformes comme ceux des *Anachoropteris*. Ils agissent comme des *pôles doubles*, car de chacun d'eux partent deux lames ligneuses $\Delta_g^l\gamma^p$, $\Delta_g^l\gamma^a$, $\Delta_d^l\gamma^p$, $\Delta_d^l\gamma^a$. La première et la troisième se rencontrent en γ^p sur la ligne CS,

les deux autres se rencontrent en γ^a ; γ^a est plus éloigné du centre C que γ^p. On voit ainsi que le faisceau médian F_m^p, qui constitue à lui seul l'*arc postérieur* de la chaîne, est très petit et tend vers zéro lorsque, par réduction de la trace, les pôles Δ_g^l, Δ_d^l se réunissent en un pôle médian Δ^m sur CS. Les *demi-arcs antérieurs* rejetés derrière le faisceau F_p^m par une courbure inverse semblable à celle des *Anachoropteris* se rejoignent largement sur la surface de symétrie. L'arc antérieur entier est ainsi constitué par un grand faisceau bipolaire F_a^m qui présente *un grand pli inverse* en son milieu. L'ensemble de la chaîne principale est donc une chaîne binaire fermée, symétrique, à courbure inverse, à faisceaux très inégaux, le postérieur très petit, l'antérieur grand, plié en son milieu, et *placé derrière le faisceau postérieur*. Dans le *B. forensis* il s'ajoute cette particularité spécifique que chaque demi-arc antérieur présente un pli direct sitôt après la marge. Le contact de la face dorsale du demi-arc antérieur avec la surface de symétrie est ainsi largement prolongé. Comme conséquences immédiates de cette constitution élémentaire : 1° Les plus gros éléments ligneux sont en γ^p et en γ^a sur CS. 2° Les plus gros tubes criblés sont sur les flancs de la chaîne principale et aussi devant F_p^m, en son milieu. Les tubes criblés latéraux sont remarquables par leur grandeur. Le liber entourant la chaîne inverse est homologue du liber interne d'une trace d'*Osmunda*. Le liber externe fait défaut. Dans cet état, la chaîne principale réalise aussi une réduite de nos *pièces quadruples*. Elle comporte par suite une division facile dans le plan CS, comme l'indique déjà l'étranglement de la chaîne chez le *B. Renaulti* sp. nov.

La fermeture de la chaîne principale, l'absence de crosses enroulées, la réduction du faisceau postérieur F_p^m, différencient la pièce principale de la trace botryoptéridienne de la portion homologue de la trace anachoroptéridienne.

La pièce réceptrice est aussi une chaîne binaire fermée à courbure inverse. Son faisceau intérieur $F_i^{m\sigma}$ est plus petit que son faisceau extérieur $F_e^{m\sigma}$. Ils sont accolés aussi par les faces externes de leurs lames ligneuses. Cette structure est établie par les deux lignes de différenciation issues de chaque pôle Δ_g^σ, Δ_d^σ, et par les modes de réception et d'émission des traces latérales libérées ou reçues sous forme de *divergeants simples*.

La pièce réceptrice peut donc aussi se décomposer en deux divergeants symétriques, également inclinés sur CS, *et courbés* d'où *trois plis directs* sur le bipolaire $F_i^{m\sigma}$ et *trois plis inverses correspondants* sur le faisceau $F_e^{m\sigma}$. L'état relatif de ces plis donne de bonnes différences spécifiques. Par suite de sa

constitution élémentaire, les grands tubes ligneux de la pièce réceptrice sont dans la région voisine de CS. Les grands tubes criblés sont près de CS, à l'extérieur, et le plus près possible de CS sur la partie libre de sa face interne. Les tubes criblés de la réceptrice sont beaucoup plus grêles que ceux de la chaîne principale. Le liber entourant est homologue du liber interne d'une trace osmundéenne. L'ensemble de la pièce réceptrice est aussi une forme réduite des pièces quadruples avec point de division facile dans la région des centres de figure $\gamma_i^{m\sigma}$, $\gamma_e^{m\sigma}$, des faisceaux $F_i^{m\sigma}$, $F_e^{m\sigma}$ comme le montre le *B. Renaulti*, sp. nov.

L'émission des pièces latérales se fait sur le côté externe des cupules polaires Δ_g^l, Δ_d^l, sous la forme d'une petite masse ligneuse enchâssant un groupe trachéen antérieur. Le bois est entouré par le liber. En cet état, la pièce sortante σ est un divergeant simple. Ce cordon se jette sur la face intérieure de la branche réceptrice voisine. Elle refoule extérieurement le groupe trachéen de cette pointe directement ou après fusion préalable. Le groupe refoulé s'échappe ensuite plus ou moins rapidement. Quand l'adhérence se prolonge, on peut trouver jusqu'à cinq massifs refoulés, de plus en plus éloignés de la pointe Δ^σ, le long du faisceau externe $F_e^{m\sigma}$. La réception et l'émission des cordons latéraux excluent la possibilité d'homologuer la pièce réceptrice à *un faisceau bipolaire simple à pôles libres*. Par la présence d'une pièce réceptrice différenciée sur ses marges, la trace botryoptéridienne se montre plus compliquée que la trace anachoroptéridienne qui en est dépourvue. La pièce latérale de la fronde a, dès l'origine, la même orientation que la trace mère. Elle conserve cette orientation. Elle ne se bifurque pas immédiatement. Des deux séries de pièces latérales émises par le pétiole ou le rachis, l'une est en avance sur l'autre.

Lorsque la trace botryoptéridienne se réduit vers le haut de la fronde, la pièce réceptrice devient de plus en plus prédominante dans l'ensemble. Les marges Δ_g^l, Δ_d^l se réunissent en Δ^m sur la ligne de symétrie CS. Le faisceau F_p^m se réduit à zéro. La chaîne principale tombe à l'état de divergent Υ^m. Elle représente aussi un faisceau bipolaire F^{ma}, à pointes libres, courbé par un pli médian inverse. Les éléments criblés antérieurs du faisceau F_p^m disparaissent. Les bandes fibreuses libériennes des deux sinus disparaissent aussi, après quoi ces sinus se réduisent à leur tour. La trace réalise alors le facies tridenté des *B. hirsuta*, *B. antiqua*, etc.

Dans un état de réduction encore plus grand, les sinus libériens séparateurs des pointements ligneux s'effacent complètement. Les pointements

trachéens Δ_g^σ, Δ^m, Δ_d^σ s'émoussent, se rapprochent, puis se réunissent en un seul groupe $\Delta^{m\sigma}$. La chaîne principale a perdu toute autonomie. L'ensemble est constitué par la réceptrice condensée en un seul divergeant $\Upsilon^{m\sigma}$, remarquable par l'élargissement de son bois dans sa partie postérieure. Le liber entoure le bois. Les plus gros éléments ligneux et libériens sont dans la surface de symétrie et en arrière dans la partie dorsale du système. Lors de l'émission d'un de ses lobes latéraux, la trace ainsi réduite présente dans une certaine région deux groupes polaires plus ou moins écartés. En cet état, la trace du *B. antiqua* d'Esnost a été confondue parfois avec le faisceau bipolaire courbé de certaines racines.

Vers le bas de la fronde des *Botryopteris* de la section *Tridentata*, nous retrouvons le même facies unipolaire du divergent simple, mais dans cette partie la pièce principale intervient dans l'ensemble condensé de la trace et il convient d'en rappeler toujours la présence. Plus bas encore, le groupe polaire unique devient intérieur au bois et l'ensemble tombe plus ou moins vite à l'état de *pièce apolaire* en se réunissant à la masse libéroligneuse du stipe.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur l'effet produit lors des orages à grêle par les tirs grêlifuges*. Note de M. **Ch. André**.

Au moment où la saison orageuse vient de commencer, il m'a paru convenable d'indiquer les résultats auxquels nous sommes parvenu dans l'étude des effets du tir contre la grêle effectué soit avec des canons, soit avec des fusées.

On sait que chaque année les communes envoient à l'Administration des contributions directes des demandes de dégrèvement d'impôt en raison des dégâts causés par la grêle avec l'estimation des pertes subies. Si le tir est efficace, les pertes ont dû diminuer dans une notable proportion dans les communes munies d'engins grêlifuges. Partant de là, nous avons, pour chacune des trente-deux stations grêlifuges du département du Rhône, fait la moyenne des pertes qu'elles avaient accusées pendant les vingt années 1881 à 1900 qui ont précédé l'installation du tir, et nous lui avons comparé celles qu'elles ont signalées pour les années de la période 1901 à 1909 qui ont été des années orageuses.

Cette comparaison est résumée dans le Tableau suivant :

ORAGES ET DÉGATS.

Pertes des stations grêlifuges comparées à la moyenne de 1901 à 1908 inclusivement.

Années.	Nombre de stations grêlifuges atteintes par la grêle.	Dégâts.	Dégâts. — Année moyenne déduite de 20 années (1881-1900).	Différence. en plus de la moyenne.	Différence. en moins de la moyenne.
1901..........	1	55 470	26 277	29 193	»
1902..........	8	1 027 033	717 157	310 176	»
1903..........	7	858 211	387 288	470 923	»
1904..........	8	840 229	227 665	612 564	»
1905..........	4	149 534	184 178	»	34 644
1906..........	2	128 110	130 506	»	2 396
1907..........	7	675 287	396 707	278 580	»
1908..........	9	1 177 603	418 684	758 919	»
Totaux	46	4 911 777	2 488 662	2 460 355	37 040
Moyenne....	6	613 972	311 057	302 915	18 520

Si l'on s'en tenait aux chiffres seuls, on en conclurait que les canons et fusées grêlifuges sont plutôt nuisibles; mais la seule interprétation qu'on soit en droit d'en tirer est que ces tirs n'ont sur les orages à grêle aucun effet ni en bien ni en mal.

PRÉSENTATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la formation d'une liste de deux candidats qui sera présentée à M. le Ministre de l'Instruction publique pour une place de *Membre Artiste* du *Bureau des Longitudes*, ayant rang de titulaire, vacante par le décès de M. *Gautier*.

Au premier tour de scrutin, destiné à la désignation du candidat de première ligne, le nombre des votants étant 45 :

M. J. Carpentier obtient...... 40 suffrages
M. Andoyer obtient......... 4 suffrages

Il y a 1 bulletin blanc.

Au second tour de scrutin, destiné à la désignation du candidat de seconde ligne, le nombre des votants étant 41 :

M. A. Jobin obtient . . . . 40 suffrages

Il y a 1 bulletin blanc.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Instruction publique comprendra :

En première ligne . . . . M. **J. Carpentier**
En seconde ligne . . . . M. **A. Jobin**

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la formation d'une liste de deux candidats qui sera présentée à M. le Ministre de l'Instruction publique pour une place de *Membre titulaire*, vacante dans la Section d'Astronomie du *Bureau des Longitudes* par le décès de M. *Bouquet de la Grye*.

Au premier tour de scrutin, destiné à la désignation du candidat de première ligne, le nombre des votants étant 43 :

M. Andoyer obtient. . . . . 41 suffrages
M. Hanusse obtient . . . . 1 suffrage

Il y a 1 bulletin blanc.

Au second tour de scrutin, destiné à la désignation du candidat de seconde ligne, le nombre des votants étant 35 :

M. Hanusse obtient l'unanimité des suffrages.

En conséquence, la liste présentée à M. le Ministre de l'Instruction publique comprendra :

En première ligne. . . . . M. **Andoyer**
En seconde ligne. . . . . M. **Hanusse**

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** invite l'Académie à lui faire connaître ceux de ses Membres qui pourraient accepter de se rendre, en qualité de délégués de son Département, au XIe Congrès géologique international qui se tiendra à Stockholm du 18 au 25 août prochain.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance, les Ouvrages suivants :

1° Henri Dehérain, *Le classement et les catalogues des Ouvrages imprimés à la Bibliothèque de l'Institut.*

2° *L'Internationalisme médical*, par J.-H. Eijkman.

3° *Les prix Nobel en* 1907.

4° Muséum d'Histoire naturelle de Genève : *Catalogue illustré de la Collection Lamarck. Brachiopodes fossiles.* (Présenté par M. Ed. Perrier.)

ASTRONOMIE. — *Sur la nouvelle méthode de photographie planétaire employée à l'Observatoire Lowell, à Flagstaff (Arizona).* Note de M. **P. Lowell**, présentée par M. Bigourdan.

Un nouveau procédé de photographie planétaire a été imaginé à Flagstaff par mon assistant, M. Lampland, et a reçu, depuis, divers perfectionnements de la part du directeur de l'Observatoire et de M. E.-C. Slipher.

Ce procédé consiste dans l'emploi d'un écran spécial associé à des plaques convenablement choisies, de telle sorte que les rayons jaunes voisins de la raie D sont seuls à agir sur la plaque; et ce résultat a pu être obtenu même avec un objectif de $0^m,61$ d'ouverture. En outre, les variations des conditions atmosphériques ont été étudiées, de manière à exposer les plaques seulement lorsque les images sont tout à fait nettes.

Ces recherches, qui ont été fort longues pour chacun des deux facteurs qui viennent d'être indiqués, ont conduit aux résultats les plus satisfaisants, comme le prouvent les clichés récemment obtenus de Jupiter et de Saturne. Les détails visibles sur ces images sont d'une netteté tout à fait inattendue, et leur réalité est d'ailleurs hors de doute en raison des précautions prises; on obtient, en effet, de vingt à quarante images de suite sur la même plaque en ayant soin de changer la place de l'écran après chaque exposition, de sorte que les détails appartenant à la planète se distinguent bien de ceux que pourraient produire les imperfections locales de l'écran et de la plaque. Outre des détails qui demandent qu'on ait les clichés sous les yeux, les images de Jupiter montrent :

1° Les petites sinuosités des bandes;

2° Le contraste bien accusé des diverses bandes et des calottes polaires;

3° Les filaments de la bande équatoriale, objets nouveaux et difficiles à voir, même à l'œil;

4° Une plaque, qui a été mesurée, a donné pour l'aplatissement polaire $\frac{1}{15,8}$, exactement comme les meilleures mesures micrométriques faites à l'œil;

5° Enfin les clichés permettent de connaître les durées variables de rotation des diverses bandes.

Les images de Saturne, de leur côté, montrent :

1° La division de Cassini;

2° L'ombre de la planète sur les anneaux et celle des anneaux sur la planète;

3° Les différences d'éclat que présentent le bord intérieur et le bord extérieur de chacun des anneaux A et B;

4° L'anneau C, dont l'existence est révélée par son ombre sur la planète à travers l'anneau lui-même, ce qui est remarquable;

5° Les filaments de la bande équatoriale, ce qui est tout à fait nouveau.

Nous appellerons spécialement l'attention sur l'enregistrement photographique de ces filaments de la bande équatoriale de Saturne; ces filaments ont été découverts à l'œil, à Flagstaff, en septembre dernier; le fait d'avoir obtenu sur les clichés des détails aussi difficiles à voir nous paraît démontrer toute la puissance de la nouvelle méthode photographique.

Comme on l'a dit, la méthode qui vient d'être indiquée se relie à l'étude, faite à Flagstaff, des conditions favorables à la définition des images, tant visuelle que photographique; elle a montré que la définition dépend de l'ouverture, et diminue en qualité à mesure que l'ouverture augmente. Cette définition dépend aussi des vagues atmosphériques, qui sont de diverses natures, les dont certaines donnent les bords du disque très distincts quoiqu'elles effacent les détails.

Une longue expérience dans l'étude de ces conditions peut seule guider pour obtenir les meilleurs résultats.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *La méthode de Jacobi généralisée d'intégration du système d'équations différentielles partielles du premier ordre.* Note de M. C. **Russyan**.

Je vais présenter la méthode de Jacobi généralisée d'intégration du système d'équations différentielles partielles du premier ordre en involution dans la forme qui n'admet aucun cas exceptionnel, contrairement à l'exposition habituelle et qui, dans le procédé formel, n'est autre chose que la

variation de la première méthode de Jacobi, due à M. G. Darboux [1], généralisée sur le système d'équations en involution

$$F_i(x_1, \ldots, x_n, z, p_1, \ldots, p_n) = C_i \qquad (i = 1, 2, \ldots, m). \tag{1}$$

La détermination de l'intégrale complète classique du système (1) consiste, d'après la méthode de Jacobi généralisée, en la détermination de $n+1-m$ fonctions $F_s(x_1, \ldots, x_n, z, p_1, \ldots, p_n)$ $(s = m+1, \ldots, n+1)$, de manière que les fonctions $F_j(x_1, \ldots, x_n, z, p_1, \ldots, p_n)$ $(j = 1, 2, \ldots, n+1)$ soient en involution et indépendantes par rapport à $p_1, \ldots, p_n$. La nécessité de ces conditions se démontre de la voie élémentaire; leur suffisance résulte de ce fait que le système d'équations différentielles ordinaires correspondant au système d'équations

$$[F_s, f] = 0 \qquad (s = 1, 2, \ldots, p) \text{ [2]},$$

où

$$[F_\alpha, F_\beta] = 0 \qquad (\alpha, \beta = 1. 2, \ldots, p)$$

contient toujours l'équation

$$dz - p_1\,dx_1 - \ldots - p_n\,dx_n = 0.$$

Supposons maintenant qu'on ait déterminé par le procédé connu de Jacobi généralisé le système de $n+1$ fonctions F_j $(j = 1, 2, \ldots, n+1)$ indépendantes en involution et que ces fonctions, quant aux variables $p_1, \ldots, p_n$, ne soient indépendantes que par rapport à $p_1, \ldots, p_q$: soit, par exemple, $\frac{d(F_1, \ldots, F_q)}{d(p_1, \ldots, p_q)} \neq 0$ $(m \leqq q \leqq n)$. On a toujours

$$dz - p_1\,dx_1 - \ldots - p_n\,dx_n = P_1\,dF_1 + \ldots + P_{n+1}\,dF_{n+1}, \tag{2}$$

ou bien

$$\rho(dz - p_1\,dx_1 - \ldots - p_n\,dx_n) = \frac{P_1}{P_{n+1}}dF_1 + \ldots + \frac{P_n}{P_{n+1}}dF_n + dF_{n+1} \qquad \left(\rho = \frac{1}{P_{n+1}}\right).$$

Il vient, d'après un théorème récemment démontré (*Comptes rendus*, t. 150, 1910, p. 91)

$$\left[\frac{P_i}{P_{n+1}}, F_k\right] = \begin{cases} \rho\ (i = k), \\ 0\ (i \neq k), \end{cases} \qquad \left[\frac{P_i}{P_{n+1}}, \frac{P_k}{P_{n+1}}\right] = 0 \qquad (i, k = 1, 2, \ldots, n),$$

---

(1) Darboux, *Bull.*, 1re série, t. VIII.

(2) C'est-à-dire le système généralisé d'équations canoniques d'Hamilton. *Voir*, par exemple, C. Russyan, *Die Pfaff'sche Methode der Integration der partiellen Differenzen* 1,0 (*Bull. de l'Acad. des Sciences de Cracovie*, 1903).

car

$$[F_\alpha, F_\beta] = 0 \qquad (\alpha, \beta = 1, 2, \ldots, n+1).$$

Donc les fonctions $F_j (j = 1, 2, \ldots, n+1)$, $\frac{P_i}{P_{n+1}} (i = 1, 2, \ldots, n)$ sont indépendantes. Les $2n+1-q$ fonctions $F_j (j = 1, 2, \ldots, n+1)$,

$$\frac{P_{q+i}}{P_{n+1}} \qquad (i = 1, 2, \ldots, n-q),$$

étant en involution avec les fonctions $F_1, \ldots, F_q$, représentent toutes les solutions du système complet

$$[F_s, f] = 0 \qquad (s = 1, 2, \ldots, q),$$

et sont indépendantes par rapport à $x_{q+1}, \ldots, x_n, z, p_1, \ldots, p_n$, car $F_1, \ldots, F_q$ le sont par rapport à $p_1, \ldots, p_q$ (¹). Or les fonctions $F_j (j = 1, 2, \ldots, n+1)$ ne sont indépendantes, quant aux $p_1, \ldots, p_n$, que par rapport à $p_1, \ldots, p_q$; donc les n fonctions $F_s (s = 1, 2, \ldots, q)$, $\frac{P_{q+i}}{P_{n+1}} (i = 1, 2, \ldots, n-q)$ en involution sont indépendantes par rapport à $p_1, \ldots, p_n$. Cela étant, si l'on élimine les variables $p_1, \ldots, p_n$ à l'aide des équations

$$F_s = C_s, \qquad \frac{P_{q+i}}{P_{n+1}} = C_{q+i} \qquad (s = 1, 2, \ldots, q;\ i = 1, 2, \ldots, n-q)$$

de l'équation $dz - p_1\, dx_1 - \ldots - p_n\, dx_n = 0$ et si l'on désigne par

$$\Phi_{q+1}(x_1, \ldots, x_n, z, C_1, \ldots, C_q), \quad \ldots,$$
$$\Phi_{n+1}(x_1, \ldots, x_n, z, C_1, \ldots, C_q)$$

(¹) Les équations $F_j = C_j (j = 1, 2, \ldots, n+1)$, $\frac{P_{m+i}}{P_{n+1}} = \Gamma_{m+i} (i = 1, 2, \ldots, n-m)$ représentent l'intégrale complète du système généralisé des équations canoniques d'Hamilton pour le système (1). S'il suit des équations $F_j = C_j (j = 1, 2, \ldots, n+1)$ que $z = f(x_1, \ldots, x_q, C_1, \ldots, C_{n+1})$, $x_{q+i} = f_{q+i}(x_1, \ldots, x_q, C_1, \ldots, C_{n+1})$ $(i = 1, 2, \ldots, n-q)$, cette intégrale complète peut être représentée dans la forme

$$F_j = C_j \qquad (j = 1, 2, \ldots, n+1),$$
$$\frac{\partial H}{\partial C_{m+i}} : \frac{\partial H}{\partial C_{n+1}} = \Gamma_{m+i} \qquad (i = 1, 2, \ldots, n-m),$$

où $H = f - \Sigma P_{q+i} f_{q+i}$. C'est la généralisation du théorème connu de Jacobi-Liouville (C. Russyan, *loc. cit.*). Comme enfin $[F_\alpha, F_\beta] = 0$, $(\alpha, \beta = 1, 2, \ldots, n+1)$ $\left[\frac{P_i}{P_{n+1}}, F_k\right] = \begin{cases} \rho (i = k) \\ 0 (i \neq k) \end{cases}$ $(i, k = 1, 2, \ldots, n)$; $\rho = \frac{1}{P_{n+1}}$, on a la généralisation du système canonique d'intégrales du système canonique d'Hamilton des équations différentielles ordinaires, liées avec le système (1).

les résultats d'élimination des fonctions $F_{q+1}, \ldots, F_{n+1}$ des variables $p_1, \ldots, p_n$ à l'aide des équations $F_s = C_s (s = 1, 2, \ldots, q)$, on obtient, d'après (2),

$$C_{q+1}\, d\Phi_{q+1} + \ldots + C_n\, d\Phi_n + d\Phi_{n+1} = 0,$$

dont l'intégrale

$$\begin{aligned}(3) \qquad & C_{q+1}\Phi_{q+1}\,(x_1, \ldots, x_n, z, C_1, \ldots, C_q) + \ldots \\ & + C_n\Phi_n(x_1, \ldots, x_n, z, C_1, \ldots, C_q) \\ & + \Phi_{n+1}\,(x_1, \ldots, x_n, z, C_1, \ldots, C_q) = C_{n+1} \qquad (m \leqq q \leqq n)\end{aligned}$$

est l'intégrale complète classique du système (1) en involution. Le système de $n+1$ fonctions F_j indépendantes en involution étant donc déterminé, on obtient l'intégrale complète classique du système (1) en éliminant $p_1, \ldots, p_n$ des équations $F_1 = C_1, \ldots, F_q = C_q, C_{q+1} F_{q+1} + \ldots + C_n F_n + F_{n+1} = C_{n+1}$.

Si, en particulier, les équations données (1) ne contiennent pas explicitement z, on le peut toujours supposer de même par rapport aux fonctions $F_{m+1}, \ldots, F_n$; donc la fonction F_{n+1} se détermine par les quadratures dans la forme

$$-z + U(x_1, \ldots, x_n, F_1, \ldots, F_n),$$

de sorte que l'intégrale classique complète a dans ce cas la forme

$$\begin{aligned} z = {} & C_{q+1}\Phi_{q+1}(x_1, \ldots, x_n, C_1, \ldots, C_q) + \ldots \\ & + C_n\Phi_n(x_1, \ldots, x_n, C_1, \ldots, C_q) + U(x_1, \ldots, x_n, C_1, \ldots, C_q, \Phi_{q+1}, \ldots, \Phi_n) + C_{n+1}.\end{aligned}$$

Le cas $q = n$ est le cas normal dans l'exposition ordinaire; mais celui $q < n$ est exceptionnel. Dans ce cas les équations $F_j = C_j$ représentent l'intégrale complète du système (1) dans le sens généralisé de S. Lie. On voit, d'après la forme de l'intégrale complète classique (3), que ce cas ne peut se présenter que pour le système (1) de la forme spéciale. On peut donner aisément la méthode générale pour obtenir de tels systèmes. En éliminant C_{q+1}, C_n, C_{n+1} de l'intégrale (3) par des différentiations, on obtient le système

$$(4) \qquad \begin{vmatrix} p_i & p_{q+1} & \ldots & p_n & -1 \\ \dfrac{\partial\Phi_{q+1}}{\partial x_i} & \dfrac{\partial\Phi_{q+1}}{\partial x_{q+1}} & \ldots & \dfrac{\partial\Phi_{q+1}}{\partial x_n} & \dfrac{\partial\Phi_{q+1}}{\partial z} \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ \dfrac{\partial\Phi_{n+1}}{\partial x_i} & \dfrac{\partial\Phi_{n+1}}{\partial x_{q+1}} & \ldots & \dfrac{\partial\Phi_{n+1}}{\partial x_n} & \dfrac{\partial\Phi_{n+1}}{\partial z} \end{vmatrix} = 0 \qquad (i = 1, 2, \ldots, q),$$

qui, étant résolu par rapport à $C_1, \ldots, C_q$, donne entre autres le système (1).

Inversement, pour les fonctions quelconques $\Phi_{q+i}(x_1, \ldots, x_n, z, C_1, \ldots, C_q)$ $(i=1, 2, \ldots, n+1-q)$ indépendantes par rapport à $x_{q+1}, \ldots, x_n, z$ et telles que le système (4) est résoluble par rapport à $C_1, \ldots, C_q$, on obtient en le résolvant le système d'équations $F_s(x_1, \ldots, x_n, z, p_1, \ldots, p_n) = C_s$ $(s=1, 2, \ldots, q)$ en involution, résolubles par rapport à $p_1, \ldots, p_q$, dont chaque système de $m \leqq q$ équations a une intégrale de S. Lie,

$$F_s = C_s, \quad s=1, 2, \ldots, q, \quad F_{q+i} = C_{q+i} \quad (i=1, 2, \ldots, n+1-q),$$

où

$$F_{q+i} = \Phi_{q+i}(x_1, \ldots, x_n, z, F_1, \ldots, F_q).$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Existence de solutions singulières pour certaines équations de Fredholm.* Note de M. **Joseph Marty**, présentée par M. Émile Picard.

Dans une Note antérieure (28 février 1910), j'ai indiqué comment il était possible, par l'application de la méthode de Schwarz, de démontrer l'existence d'une valeur singulière pour un certain type d'équations intégrales. La méthode est, au fond, une méthode d'approximations successives appliquée à l'équation intégrale obtenue en itérant le noyau une fois et en commençant l'approximation par le noyau lui-même. Voici un exemple encore d'un type étendu d'équation de Fredholm où l'on peut procéder de manière analogue :

Soit l'équation

$$\varphi(x) - \lambda \int H(x, y)\, \varphi(y)\, dy = f(x), \tag{1}$$

$H(x, y)$ étant une fonction bornée, intégrable et de carré intégrable. Nous supposons qu'il existe une fonction $K(x, y)$, symétrique et telle que

$$G(x, y) = \int K(x, z)\, H(z, y)\, dz$$

soit aussi une fonction symétrique ; on peut toujours admettre que $K(x, y)$ est une fonction *définie ;* car autrement on pourrait, au lieu de $G(x, y)$, considérer $G'(x, y)$:

$$G'(x, y) = \int K(x, t)\, G(t, y)\, dt = \int\int K(x, t)\, K(t, z)\, H(z, y)\, dz\, dt.$$

Ceci posé, et *si nous faisons abstraction des solutions singulières orthogonales à* $K(x, y)$, on peut énoncer les théorèmes suivants :

1. *Les valeurs singulières de l'équation* (1) *sont réelles.* — Soient, en effet,

λ une valeur singulière, $u(x) + iv(x)$ la solution correspondante; on aura

$$\lambda = \frac{\int\int K(x, y)[u(x) + iv(x)][u(y) - iv(y)]\,d(x, y)}{\int\int G(x, y)[u(x) + iv(x)][u(y) - iv(y)]\,d(x, y)};$$

λ est donc réel

2. *Si* $G(x, y)$ *n'est pas identiquement nul, il y a une valeur singulière.* — Il suffit de considérer [$H_n(x, y)$ désignant, comme d'habitude, le $n^{\text{ième}}$ noyau itéré] la fonction

$$\Phi_n(x, y) = \int K(x, z)\,H_n(z, y)\,dz$$

et les nombres

$$U_n = \int \Phi_n(z, z)\,dz;$$

les quantités $g_n = \frac{U_{2n}}{U_{2(n-1)}}$ jouent le rôle des constantes de Schwarz, et, comme dans ma première Note, le fait que $K(x, y)$ est défini permet d'écrire les inégalités nécessaires.

On trouve ainsi une valeur singulière et, pour l'équation associée avec le noyau $H_2(x, y)$, une solution singulière sous la forme

$$R(x, z) = \lim_{n=\infty} \frac{1}{g^n} \int\int K(s, t)\,H_n(s, x)\,H_n(t, y)\,d(s, t).$$

Si la fonction $G(x, y)$ est identiquement nulle, toutes les solutions singulières sont orthogonales à $K(x, y)$.

Comme exemples d'équations intégrales de seconde espèce rentrant dans le type précédent, citons [$R(x, y)$ étant symétrique]

1° $$H(x, y) = A(x)\,R(x, y),$$

on peut prendre

$$K(x, y) = R(x, y);$$

2° $$H(x, y) = A(x)\,R(x, y)\,B(y),$$

on peut prendre

$$K(x, y) = B(x)\,B(y)\,R(x, y);$$

dans ces deux cas, d'ailleurs, il ne peut y avoir de solution singulière orthogonale à $K(x, y)$. Si $R(x, y)$ n'est pas défini, on applique la remarque faite plus haut, mais les conditions

$$\int K_2(x, z)\,H(z, y)\,dz \not\equiv 0 \quad \text{ou} \quad \equiv 0$$

entraînent nécessairement

$$\int K(x, z)\, H(z, y)\, dz \neq 0 \quad \text{ou} \quad = 0.$$

On voit donc que la conclusion de ma Note du 28 février [1] subsiste encore, même si le noyau n'est pas défini.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les séries de Dirichlet.* Note de M. **Michel Fekete**, présentée par M. Émile Picard.

1. On sait que la série de Dirichlet $D(s) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{a_n}{n^s}$ est uniformément convergente dans toute aire intérieure à son domaine de convergence, donc elle définit une fonction analytique.

Nous allons montrer qu'une série de Taylor $T(x) = \sum_{n=1}^{\infty} a_n x^n$, associée à la série de Dirichlet, joue un rôle important dans la détermination du caractère analytique de la fonction $f(s)$ définie par $D(s)$. En combinant le théorème de M. Bohr [2] [d'après lequel la série de Dirichlet présente la sommabilité uniforme d'ordre r dans le domaine $R(s) > R(s_0)$, pourvu que la méthode des moyennes arithmétiques d'ordre r soit applicable pour $s = s_0$] avec celui de M. Marcel Riesz [3] (qui, à son tour, nous donne la condition nécessaire et suffisante pour que la série de Taylor soit sommable en un point régulier), j'ai pu démontrer le théorème suivant :

I. *Si la fonction analytique $\varphi(x)$ définie par $T(x)$ est régulière au point $x = 1$ [4], $f(s)$ est une fonction entière.*

---

(1) Je profite de l'occasion pour corriger une légère erreur de transcription : il faut, à la dernière égalité, ajouter $+f(x)$.

(2) *Comptes rendus*, 11 janvier 1909.

(3) *Comptes rendus*, 22 novembre 1909.

(4) Il suffit de nous borner au cas où la série $T(x)$ a pour rayon de convergence l'unité. En effet, si la série $D(s)$ est convergente en un seul point du plan, la série $T(x)$ converge au moins dans le cercle de rayon 1 ; d'autre part, si le rayon de convergence de $F(x)$ était supérieur à 1, la série $D(s)$ serait convergente dans tout le plan et cela rendrait notre théorème évident.

2. Dans ce cas, le prolongement analytique de la fonction $f(s)$ est possible en dehors du domaine de convergence :

1° *Par la méthode des moyennes arithmétiques* (l'abscisse de sommabilité d'ordre r étant $\lambda_r = \lambda_0 - r$, où λ_0 est l'abscisse de convergence);

2° *Par la sommation exponentielle de M. Borel* [par cette méthode, $D(s)$ est sommable dans tout le plan];

3° *Par des séries de polynome de Dirichlet* $\Big($en appelant *polynome de Dirichlet* les sommes de la forme $\displaystyle\sum_{n=1}^{k} \frac{c_n}{n^s}\Big)$.

Si

$$\sum_{n=0}^{\infty} P_n(x) = \sum_{n=0}^{\infty} (c_1^{(n)} x + c_2^{(n)} x^2 + \ldots + e_{k_n}^{(n)} x^{k_n})$$

est une des séries de polynomes de M. Mittag-Leffler de $\varphi(x)$, la série de polynomes de Dirichlet de $f(s)$ sera

$$\sum_{n=0}^{\infty} \Pi_n(s) = \sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{c_1^{(n)}}{1^s} + \frac{c_2^{(n)}}{2^s} + \ldots + \frac{c_{k_n}^{(n)}}{k_n^s} \right).$$

Celle-ci est uniformément convergente dans tout domaine finie du plan des s.

3. Le problème suivant se pose : *Déterminer le caractère analytique de la fonction $f(s)$ définie par $D(s)$ quand la fonction $\varphi(x)$ définie par $F(x)$ est singulière au point $x = 1$. Est-ce que $f(s)$ aura nécessairement des singularités à distance finie ?*

Je ne suis pas arrivé à résoudre ce problème dans toute sa généralité, mais je peux démontrer que :

II. *Si l'ordre* (au sens de M. Hadamard) *de $\varphi(x)$ est $-\infty$ au point* (*singulier*) $x = 1$, *la fonction $f(s)$ est encore une fonction entière.*

III. *Si le point $x = 1$ est un pôle, ou bien un point singulier logarithmique ou algébrique de la fonction $\varphi(x)$, la fonction $f(s)$ a des singularités à distance finie.*

IV. *Si les coefficients de $D(s)$ sont des nombres complexes qui se trouvent dans un angle $\alpha < \pi$ du plan complexe, le point réel de la droite de convergence est un point singulier de la fonction $f(s)$.*

Le théorème dernier est l'analogue du théorème démontré par M. P.

Dienes [1] relativement aux séries de Taylor et renferme, comme cas particulier, un des théorèmes de M. Landau [2]. La démonstration peut se faire dans l'ordre d'idées de M. Landau, nous appuyant encore sur le fait que la convergence absolue d'une série simple ou multiple résulte de la convergence de cette série, si tous les termes tombent dans un angle $\alpha < \pi$ du plan complexe.

4. Si nous connaissons la manière dont se comporte la fonction définie par la série $\sum_{n=0}^{\infty} a_n z^n$ au point $z = 1$, nous pouvons en tirer des conclusions relatives au caractère analytique des fonctions représentées d'une part par des séries

$$(1) \qquad \sum_{n=0}^{\infty} \frac{a_n n!}{x(x+1)\ldots(x+n)},$$

d'autre part par des séries

$$(2) \qquad \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n \frac{a_n x(x-1)\ldots(x-n)}{n!}.$$

Les résultats sont analogues aux théorèmes I-IV, avec la seule différence que dans le cas des séries factorielles (1), au lieu de *fonction entière*, il faut dire *fonction méromorphe*.

Le prolongement analytique des fonctions définies par (1) et (2) est possible à l'aide des méthodes des moyennes arithmétiques, de la sommation exponentielle de M. Borel et à l'aide des séries de polynomes de factorielles, pourvu que la série de Taylor associée soit régulière au point $x = 1$.

Les séries de polynomes sont de la forme suivante :

Pour la série (1)

$$\sum_{n=0}^{\infty} \left[\frac{c_0^{(n)}}{x} + \frac{c_1^{(n)}}{x(x+1)} + \ldots + \frac{c_{k_n}^{(n)} k_n!}{x(x+1)\ldots(x+k_n)} \right]$$

et pour la série (2)

$$\sum_{n=0}^{\infty} \left[c_0^{(n)} x - c_1^{(n)} x(x-1) + \ldots + (-1)^{k_n} \frac{c_{k_n}^{(n)}}{k_n!} x(x-1)\ldots(x-k_n) \right],$$

---

[1] *Comptes rendus*, 20 février 1905.

[2] E. Landau, *Uber einen Satz von Tschebyschef* (*Math. Ann.*, t. LXI, p. 536).

en supposant que la série de polynomes de M. Mittag-Leffler pour la fonction définie par la série de Taylor associée s'écrive

$$\sum_{n=0}^{\infty}(c_0^{(n)}+c_1^{(n)}z+\ldots+c_{k_n}^{(n)}z^{k_n}).$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une application des transformations birationnelles.* Note de M. **Ouivet**, présentée par M. Appell.

Je ferai tout d'abord connaître la proposition suivante :

Théorème. — *Soient* u_1, u_2, u_3 *trois variables;* F_1, F_2, F_3 *trois formes homogènes et du même degré en* u_1, u_2, u_3; *si les équations*

$$\frac{x_1}{F_1}=\frac{x_2}{F_2}=\frac{x_3}{F_3} \tag{1}$$

définissent une transformation birationnelle, les formules

$$\frac{x_1}{F_1(C_1e^{r_1t},\,C_2e^{r_2t},\,C_3e^{r_3t})}=\frac{x_2}{F_2(\quad)}=\frac{x_3}{F_3(\quad)}, \tag{2}$$

où r_1, r_2, r_3 *sont trois constantes distinctes, donnent, exprimée en fonction uniforme d'un paramètre, l'intégrale générale d'une équation différentielle du premier ordre et du premier degré*

$$A_1(x_2\,dx_3-x_3\,dx_2)+A_2(x_3\,dx_1-x_1\,dx_3)+A_3(x_1\,dx_1-x_2\,dx_1)=0, \tag{A}$$

où les A *sont trois formes homogènes et du même degré en* x_1, x_2, x_3.

Par suite des hypothèses faites, on a

$$\frac{C_1e^{r_1t}}{\varphi_1}=\frac{C_2e^{r_2t}}{\varphi_2}=\frac{C_3e^{r_3t}}{\varphi_3}, \tag{3}$$

φ_1, φ_2, φ_3 étant des formes homogènes en x_1, x_2, x_3 et du même degré.

On déduit immédiatement de là

$$\frac{C_1^{r_2-r_3}e^{(r_2-r_3)r_1t}}{\varphi_1^{r_2-r_3}}=\lambda^{r_2-r_3},\qquad \frac{C_2^{r_3-r_1}e^{(r_3-r_1)r_2t}}{\varphi_2^{r_3-r_1}}=\lambda^{r_3-r_1},\qquad \frac{C_3^{r_1-r_2}e^{(r_1-r_2)r_3t}}{\varphi_3^{r_1-r_2}}=\lambda^{r_1-r_2},$$

λ étant la valeur commune des rapports (3); d'où par multiplication

$$\varphi_1^{r_2-r_3}\varphi_2^{r_3-r_1}\varphi_3^{r_1-r_2}=\text{const.} \tag{4}$$

D'autre part, les équations (2) différentiées donnent

$$dx_1 = F_1\,d\rho + \rho F'_1\,dt, \qquad dx_2 = F_2\,d\rho + \rho F'_2\,dt, \qquad dx_3 = F_3\,d\rho + \rho F'_3\,dt,$$

où ρ désigne la valeur commune des rapports (2) et F' la dérivée complète de F. Éliminant $d\rho$ et $\rho\,dt$ entre ces trois relations et remplaçant F_1, F_2, F_3 par les quantités proportionnelles x_1, x_2, x_3, on trouve

$$F'_1(x_2\,dx_3 - x_3\,dx_2) + F'_2(x_3\,dx_1 - x_1\,dx_3) + F'_3(x_1\,dx_2 - x_2\,dx_1) = 0.$$

C'est bien là l'équation annoncée, car les trois fonctions F' homogènes et du même degré par rapport à $C_1 e^{r_1 t}$, $C_2 e^{r_2 t}$, $C_3 e^{r_3 t}$, sont d'après les équations (3) des fonctions homogènes et du même degré en x_1, x_2, x_3.

Ce théorème fait correspondre à toute équation différentielle du troisième ordre à coefficients constants une infinité d'équations différentielles algébriques du premier ordre et du premier degré, dont l'intégrale (4) est algébrique ou transcendante, suivant les valeurs assignées aux rapports des constantes r_1, r_2, r_3.

La réciproque, dont la démonstration est immédiate, s'énonce ainsi : Quand l'intégrale générale d'une équation du type (A) est de la forme (4), les fonctions φ, homogènes et du même degré, définissant une transformation birationnelle, les trois variables x_1, x_2, x_3 sont proportionnelles à trois fonctions uniformes d'un paramètre auxiliaire, rationnelles par rapport à la constante d'intégration.

Applications. — 1° Considérons la transformation quadratique birationnelle, dont les trois points principaux sont confondus,

$$\frac{x_1}{uu'} = \frac{x_2}{uu'' - u'^2} = \frac{x_3}{u^2},$$

où

$$u = u_1 + u_2 + u_3, \qquad u' = r_1 u_1 + r_2 u_2 + r_3 u_3, \qquad u'' = r_1^2 u_1 + r_2^2 u_2 + r_3^2 u_3;$$

si nous formons l'équation (A) correspondante et si dans cette équation nous faisons

$$\frac{x_1}{x_3} = x, \qquad \frac{x_2}{x_3} = y,$$

nous trouvons l'équation d'Euler,

$$y\,dy + [(3x - r_1 - r_2 - r_3)y + (x - r_1)(x - r_2)(x - r_3)]\,dx = 0,$$

dont l'intégrale est

$$[y + (x - r_2)(x - r_3)]^{r_2 - r_3} \times [y + (x - r_3)(x - r_1)]^{r_3 - r_1}\,[y + (x - r_1)(x - r_2)]^{r_1 - r_2} = \text{const.}$$

Remarquons, à propos de cette équation, qu'on peut la ramener par la transformation quadratique birationnelle

$$x = \frac{1}{v}, \qquad y = \frac{vw - 1}{v^2},$$

à l'équation

$$v(v\,dw - w\,dv) + dv - [r_1 r_2 r_3 v + (r_1 + r_2 + r_3) w - (r_1 r_2 + r_2 r_3 + r_3 r_1)]\,dw = 0$$

qui est une équation de Jacobi.

2° En employant la transformation quadratique birationnelle à deux points principaux confondus

$$\frac{x_1}{uu'} = \frac{x_2}{u'u''} = \frac{x_3}{u^2},$$

u, u', u'' ayant la même signification que précédemment, ou la transformation générale à trois points principaux distincts

$$\frac{x_1}{u'u''} = \frac{x_2}{u''u} = \frac{x_3}{uu'},$$

on obtient des équations différentielles nouvelles dans lesquelles les coefficients F'_1, F'_2, F'_3 sont des formes biquadratiques en x_1, x_2, x_3, mais sans facteur commun, tandis que dans le cas de l'équation d'Euler elles admettaient le facteur commun x_3.

Je me borne à signaler la forme de l'intégrale. Dans le premier cas, on trouve

$$\Pi[x_2 x_3 - (r_2 + r_3) x_1^2 + r_2 r_3 x_1 x_3]^{r_2 - r_3} = \text{const.}$$

et dans le second

$$\Pi[x_1 x_2 - (r_2 + r_3) x_3 r_1 + r_2 r_3 x_2 x_3]^{r_2 - r_3} = \text{const.},$$

où l'on doit faire des permutations sur les indices des lettres r.

MÉCANIQUE ANALYTIQUE. — *Sur les changements canoniques de variables.* Note de M. **H. Vergne**, présentée par M. Émile Picard.

Considérons un système de $2n$ équations différentielles *canoniques*

$$(1) \qquad \frac{dx_i}{dt} = \frac{\partial F}{\partial y_i}, \qquad \frac{dy_i}{dt} = -\frac{\partial F}{\partial x_i} \qquad (i = 1, 2, \ldots, n),$$

dans lesquelles F désigne une fonction des x_i et des y_i. Soient

$$\beta_1, \quad \beta_2, \quad \ldots, \quad \beta_n, \quad \alpha_1, \quad \alpha_2, \quad \ldots, \quad \alpha_n$$

$2n$ fonctions des $2n$ variables x et y. Nous pouvons faire un changement de variables, en prenant pour variables nouvelles les β et les α. Si les relations qui lient les variables nouvelles aux variables anciennes sont telles que l'expression

$$\sum \beta\, d\alpha - \sum x\, dy = \bar{d}\mathrm{S}$$

soit une différentielle exacte, on sait que ce changement de variables n'altérera pas la forme canonique des équations (1), qui deviendront

$$\frac{d\beta_i}{dt} = \frac{\partial \mathrm{F}}{\partial \alpha_i}, \qquad \frac{d\alpha_i}{dt} = -\frac{\partial \mathrm{F}}{\partial \beta_i}.$$

Nous dirons, avec M. Poincaré, qu'un tel changement de variables est un changement *canonique*, et nous le désignerons par la notation

$$(x, y) \to (\beta, \alpha).$$

Je suppose que l'une des variables canoniques nouvelles, par exemple β_1, soit précisément la fonction F elle-même : alors, avec ces nouvelles variables (β_i, α_i), les intégrales du problème seront

$$\begin{array}{llll} \alpha_1 + t = \mathrm{C}_1, & \alpha_2 = \mathrm{C}_2, & \ldots, & \alpha_n = \mathrm{C}_n, \\ \beta_1 = \mathrm{C}_{n+1}, & \beta_2 = \mathrm{C}_{n+2}, & \ldots, & \beta_n = \mathrm{C}_{2n}, \end{array}$$

les C désignant $2n$ constantes d'intégration.

Pour que $\varphi = $ const. soit une intégrale des équations (1), il faut et il suffit que, exprimée au moyen des variables β_i, α_i et t, la fonction φ ne dépende que de

$$\alpha_1 + t, \quad \alpha_2, \quad \ldots, \quad \alpha_n; \quad \beta_1, \quad \beta_2, \quad \ldots, \quad \beta_n;$$

s'il en est ainsi, les dérivées $\frac{\partial \varphi}{\partial \alpha_i}$, $\frac{\partial \varphi}{\partial \beta_i}$ ne dépendront aussi que des mêmes quantités.

Soient alors φ_1, φ_2, ..., différentes intégrales du système (1) : je considère une expression

$$(2) \qquad \mathcal{F}\left(\varphi_1, \varphi_2, \ldots, \frac{\partial \varphi_1}{\partial x_i}, \frac{\partial \varphi_1}{\partial y_i}, \ldots, \frac{\partial \varphi_2}{\partial x_i}, \frac{\partial \varphi_2}{\partial y_i}, \ldots\right),$$

dépendant des φ et de leurs dérivées partielles (d'une ordre quelconque); je suppose que tout changement de variables canonique $(x, y) \to (\beta, \alpha)$ transforme cette expression en la suivante :

$$(3) \qquad \mathcal{F}\left(\varphi_1, \varphi_2, \ldots, \frac{\partial \varphi_1}{\partial \beta_i}, \frac{\partial \varphi_1}{\partial \alpha_i}, \ldots, \frac{\partial \varphi_2}{\partial \beta_i}, \frac{\partial \varphi_2}{\partial \alpha_i}, \ldots\right),$$

où les $\frac{\partial}{\partial \beta_i}$, $\frac{\partial}{\partial \alpha_i}$, remplacent simplement les $\frac{\partial}{\partial x_i}$, $\frac{\partial}{\partial y_i}$, qui figurent dans (2), ce que j'exprimerai en disant que l'expression (2) est invariante par tout changement canonique de variables. Je dis que, dans ces conditions, l'expression (2) est une intégrale du système (1); si, en effet, les (β_i, α_i) sont précisément les variables canoniques que nous considérions tout à l'heure ($\beta_1 = F$), il est évident que (3) est une intégrale. Nous pouvons donc énoncer ce théorème :

Toute expression telle que (2) *invariante par tout changement canonique de variables est une intégrale.*

En particulier, la *parenthèse* de Poisson

$$(\varphi_1, \varphi_2) = \sum_i \left(\frac{\partial \varphi_1}{\partial x_i} \frac{\partial \varphi_2}{\partial y_i} - \frac{\partial \varphi_1}{\partial y_i} \frac{\partial \varphi_2}{\partial x_i} \right)$$

est invariante par tout changement canonique, ainsi qu'on le constate aisément; c'est donc une intégrale : nous retrouvons le théorème de Poisson.

De même l'expression

$$\sum_{ik} \frac{D(\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4)}{D(x_i, y_i, x_k, y_k)}$$

est invariante par tout changement canonique; c'est donc une intégrale : c'est la généralisation du théorème de Poisson donnée par M. Poincaré (*Méthodes nouvelles de la Mécanique céleste*, t. III, p. 43).

Supposons maintenant que les équations (1) ayant été intégrées, les x_i et les y_i se trouvent exprimés en fonction de t et de $2n$ constantes d'intégration $a_1, a_2, \ldots, a_{2n}$. Je suppose qu'une expression

$$\text{(4)} \qquad F\left(\frac{\partial x_i}{\partial a_1}, \frac{\partial x_i}{\partial a_2}, \ldots, \frac{\partial y_i}{\partial a_1}, \frac{\partial y_i}{\partial a_2}, \ldots \right),$$

dépendant des dérivées des variables par rapport aux constantes d'intégration, soit invariante par tout changement canonique $(x, y) \to (\beta, \alpha)$, c'est-à-dire qu'elle se transforme en

$$F\left(\frac{\partial \beta_i}{\partial a_1}, \frac{\partial \beta_i}{\partial a_2}, \ldots, \frac{\partial \alpha_i}{\partial a_1}, \frac{\partial \alpha_i}{\partial a_2}, \ldots \right).$$

Les mêmes considérations que tout à l'heure montrent aisément que cette expression (4) est une intégrale du système (1).

En particulier, le *crochet de Lagrange*

$$(a_1, a_2) = \sum_i \left(\frac{\partial x_i}{\partial a_1} \frac{\partial y_i}{\partial a_2} - \frac{\partial x_i}{\partial a_2} \frac{\partial y_i}{\partial a_1} \right)$$

est invariant par tout changement canonique; c'est donc une intégrale. De même, l'expression

$$\sum_{ik} \frac{D(x_i, y_i, x_k, y_k)}{D(a_1, a_2, a_3, a_4)},$$

étant invariante, est une intégrale.

On pourrait aussi imaginer des expressions dépendant à la fois des dérivées $\frac{\partial \varphi}{\partial x_i}$, $\frac{\partial \varphi}{\partial y_i}$ des intégrales par rapport aux variables, et des dérivées $\frac{\partial x_i}{\partial a}$, $\frac{\partial y_i}{\partial a}$ des variables par rapport aux constantes d'intégration, et qui seraient invariantes par tout changement canonique : ces expressions seraient encore des intégrales.

Enfin la considération d'expressions *différentielles* invariantes par tout changement canonique permettrait de retrouver les intégrales dépendant de plusieurs solutions infiniment voisines, et les invariants intégraux des équations (1), donnés par M. Poincaré (*Méthodes nouvelles*, t. III, Chap. II).

MÉCANIQUE. — *Sur la précision des appareils qui servent à étudier l'ébranlement des édifices*. Note de M. **B. Galitzine**, présentée par M. Bigourdan.

Dans une Note précédente (voir p. 901 de ce Volume), j'ai décrit l'appareil que j'ai employé pour étudier les vibrations imprimées aux édifices voisins par certains moteurs.

Avant d'appliquer cet appareil à l'étude des ébranlements des édifices, j'ai entrepris des expériences spéciales pour en vérifier la théorie.

Les formules établies précédemment donnent la possibilité de calculer T et σ pour différentes distances r_1 de la masse mobile M_1.

T peut être déterminé directement par l'expérience et σ au moyen de la formule (6), en plaçant l'appareil sur une plate-forme mobile qu'on fait osciller d'un mouvement rythmique connu; on mesure directement z_m et T_p.

Le Tableau suivant donne les valeurs calculées comparativement avec les valeurs observées de T et σ.

	T		σ	
r_1.	calculé.	observé.	calculé.	observé.
cm	s	s		
57,4	0,19	0,20	2,1	1,8
47,5	0,16	0,17	2,5	2,1
37,5	0,13	0,14	2,9	2,4
27,5	0,12	0,12	3,0	2,6
17,5	0,11	0,11	2,7	2,5

L'accord entre les périodes calculées et observées est extrêmement satisfaisant. Les valeurs observées de σ sont un peu plus petites que les valeurs calculées, mais la différence n'est pas grande et elle est sans importance, car une erreur éventuelle de 15 pour 100 dans la valeur *absolue* de z_m n'a aucune importance pratique.

Avec cet appareil j'ai fait des études dans deux maisons différentes et à divers étages.

Le plus grand déplacement que j'ai pu observer s'est manifesté à l'étage supérieur d'une maison toute voisine du moteur Diesel. Dans la pièce où j'observais, le plancher vibrait violemment, différents objets oscillaient et je m'attendais naturellement à trouver une valeur assez grande pour z_m. Mais pour le mouvement vertical dans ce lieu, j'ai obtenu seulement

$$z_m = 0^{\text{mm}},0255.$$

Au niveau du sol on avait $z_m = 0^{\text{mm}},0056$.

On pourrait croire, au premier abord, que des oscillations aussi faibles peuvent difficilement occasionner des crevasses dans les murs. Mais il n'en est pas ainsi.

Pour évaluer l'effet destructif des vibrations, il faut prendre en considération, non les amplitudes vraies du mouvement, mais les accélérations correspondantes.

La formule (5) donne, pour ω, l'accélération maximum cherchée,

$$\omega = \left(\frac{2\pi}{T_p}\right)^2 z_m. \qquad (7)$$

Or T_p, vu la grande vitesse de rotation du moteur Diesel, étant très petit, ω peut devenir très grand.

Dans mon cas, la période d'oscillations de la courbe y, qui correspondait toujours exactement à la période du moteur, était égale à 0,1161 seconde.

On trouve alors

$$\omega = 7469 \text{ milligal.}$$

En prenant pour z_m la moyenne des valeurs trouvées en haut et en bas de l'édifice, $z_m = 0^{mm},0173$, on obtient

$$\omega = 5067 \text{ milligal.}$$

Le rapport de ω à l'accélération de la pesanteur g à Saint-Pétersbourg est

$$\frac{\omega}{g} = 0,00516.$$

Soit P_0 la pression normale que supporte 1^{m^2} des fondements de l'édifice. $P_0 = 24125^{kg}$.

L'effet des vibrations verticales peut être comparé à des coups de bélier sur les fondements. La force correspondante est

$$P = 2 P_0 \frac{\omega}{g} = 249^{kg}.$$

Ces coups se répétant $8,62 = \frac{1}{0,116}$ fois par seconde, on peut bien se figurer qu'à la longue, si le sous-sol a un caractère marécageux, il peut se produire des affaissements irréguliers de l'édifice, et par suite des crevasses dans les murs.

Les différents résultats obtenus avec cet appareil, qui se prête particulièrement bien à ce genre d'études, peuvent se résumer ainsi :

1° Dans le voisinage immédiat d'un moteur Diesel, les vibrations verticales sont prédominantes.

2° Pour un édifice plus éloigné, les mouvements verticaux et les mouvements horizontaux sont à peu près du même ordre de grandeur.

3° Dans les étages supérieurs d'un même édifice, les vibrations sont plus grandes qu'en bas.

4° Les vibrations horizontales sont plus grandes dans la direction perpendiculaire à la façade la plus longue de l'édifice que dans la direction de la façade même.

5° A une distance de 75^m à 100^m d'un moteur Diesel, du type indiqué, l'effet nuisible des vibrations ne se manifeste plus.

6° L'appareil décrit dans cette Note peut aussi servir à l'étude des vibrations des ponts, navires, etc.

PHYSIQUE. — *Nouveau principe de métallisation*. Note [1] de M. U. **Schoop**, présentée par M. d'Arsonval.

Le principe nouveau pour obtenir des dépôts métalliques, découvert et imaginé par M. Schoop, peut être considéré comme le complément des procédés galvaniques. Ce principe consiste à projeter du métal fondu et pulvérisé sur les surfaces à recouvrir d'un dépôt métallique. La projection du métal en fusion peut être effectuée au moyen de buses appropriées, en employant certains gaz ou vapeurs à température élevée et sous forte pression. Ces gaz peuvent jouer, suivant le cas, un double rôle, soit un rôle purement physique en servant comme agents de pulvérisation, soit en même temps comme agents chimiques.

Les gaz inertes ou réducteurs comme l'*azote* ou l'*hydrogène* se prêtent particulièrement bien à la pulvérisation des métaux, surtout lorsqu'il s'agit des métaux s'oxydant facilement. Étant donné le bon marché de l'azote, qui est un sous-produit dans la fabrication de l'air liquide (*système Claude-d'Arsonval*), c'est surtout ce gaz inerte qui sera appelé à des grands services à l'avenir. D'ailleurs, la vapeur d'eau surchauffée peut être employée dans certains cas.

Le métal sortant de l'appareil sous pression est réduit en poudre impalpable, à l'état de brouillard pour ainsi dire, et se trouve projeté sur la surface des objets avec violence, de sorte que les gouttelettes se déposent sous forme de pellicules extrêmement minces et compactes, les recouvrant ainsi d'une couche adhérente et solide, et qui est d'une homogénéité et d'un aspect remarquables. L'épaisseur de la pellicule peut varier de $\frac{1}{50}$ de millimètre à quelques millimètres, suivant la durée de l'exposition. On comprend aisément qu'il n'est pas nécessaire d'avoir des surfaces conductrices. Le nouveau procédé peut être employé par suite non seulement pour recouvrir d'une couche métallique les métaux, mais tout aussi bien le plâtre, l'ébonite, le verre, voire même le papier, le bois, le celluloïd, des pièces anatomiques, etc.

Un fait qui frappe au premier abord est la basse température de ces *brouillards métalliques*, qui varie entre 10° et 60°, ce qui permet de traiter des objets en matière facilement fusible ou inflammable. La pression du gaz est relativement élevée entre 20^{kg} et 25^{kg}; la détente qui se produit à la sortie de la buse abaisse donc considérablement la température initiale, qui est de 250° à 300°. Par suite de la grande pression du gaz, le métal reçoit une vitesse énorme qui atteint jusqu'à 25^{km} par seconde.

---

(1) Présentée dans la séance du 18 avril 1910.

Les métaux qui se prêtent particulièrement bien au procédé Schoop sont ceux qui deviennent très fluides (étain, plomb, cuivre, alliage d'aluminium) à l'état de fusion. Par contre, la température de fusion plus ou moins élevée du métal à déposer ne joue qu'un rôle secondaire.

Une application très intéressante du procédé est celle du dépôt d'aluminium, le seul métal qui soit encore resté réfractaire aux principes galvaniques.

Comme on l'a vu, l'épaisseur et le caractère physique de la couche métallique peut varier dans de grandes limites, suivant la durée de l'exposition de l'objet à traiter et suivant, naturellement, les conditions de marche de l'appareil, comme par exemple, le diamètre de l'orifice de la buse, la nature du gaz employé, la température de fusion du métal et sa pression initiale, etc. Pour les couches minces, le dépôt se fait instantanément, pour obtenir une couche de 6^{mm} par exemple, 8 à 10 secondes suffisent largement. On se servira des couches épaisses, surtout lorsqu'il s'agit de remplacer le procédé galvanoplastique, qui, lui, n'est applicable que pour les surfaces conductrices. Avec un seul cliché négatif on est arrivé à faire en 10 heures jusqu'à 300 reproductions qui ne se distinguent en rien, *à part le prix de revient*, bien entendu, des reproductions galvanoplastiques.

En ce qui concerne la constitution et la densité du métal déposé par le procédé Schoop, tout fait supposer que la structure n'est pas cristalline, mais qu'elle affecte plutôt une forme amorphe. La détermination du poids spécifique sur des couches de plomb a donné 9,5 lorsqu'on se servait de la vapeur d'eau surchauffée et 11,0 à 11,3 avec l'hydrogène, toutes les autres conditions étant d'ailleurs les mêmes.

Le procédé d'application industrielle et le caractère physique du revêtement avec un métal donné sont donc fonctions d'un ensemble de conditions qu'il est impossible de déterminer d'avance. Quelques essais pratiques permettront cependant de fixer dans chaque cas particulier les conditions les plus avantageuses.

En ce qui concerne les applications pratiques, on peut distinguer deux grandes catégories :

I. Une pour les couches adhérentes, destinées à embellir les surfaces ou bien à les protéger contre les intempéries et les diverses actions d'ordre physique ou chimique ;

II. Une autre pour les couches à détacher de la surface.

Les applications de ces deux catégories sont tellement nombreuses, qu'il n'est guère possible de les énumérer toutes, ni de les prévoir dès maintenant. A titre d'exemple il convient d'en citer quelques-unes.

Première catégorie. — 1. Revêtement métallique des plâtres, bas-reliefs et de tous moulages et de toutes les œuvres de sculpture.

2. Métallisation des objets en bois pour machines volantes, poteaux télégraphiques et téléphoniques, carène des bateaux, tout article en bois de fantaisie, etc.

3. Métallisation du carton et tout ce qui se rapporte au carton ; possibilité de constituer des boîtes métalliques par la métallisation de papier plié et collé à la forme voulue.

4. Protection du fer et de l'acier contre la rouille et le zingage, ceci s'appliquant à toutes constructions métalliques, fixes ou mobiles : ponts, charpentes en fer, etc.

5. Fabrication d'étoffes métallisées imperméables aux gaz et à l'eau, pouvant remplacer les étoffes caoutchoutées dans l'industrie des machines volantes, les ballons et les pneus, toiles cirées, bâches, etc.

6. Métallisation des pièces céramiques et de verrerie d'art, fabrication des miroirs paraboliques pour astronomie.

7. Capsulage et bouchage de flacons et de bouteilles (bouteille *inviolable*, tant recherchée).

8. Constitution de vases et réservoirs en grès, fonte, tôle plombée pour l'industrie chimique.

9. Possibilité de faire adhérer à l'aluminium une couche d'un métal quelconque.

Deuxième catégorie. — 1. Fabrication des clichés d'impression, planches pour éditions stéréotypes, galvanos.

2. Fabrication des tubes sans soudures.

3. Fabrication des objets métalliques creux, etc.

PHYSIQUE. — *Sur un dispositif simple pour la mesure d'un champ magnétique.* Note (¹) de M. C. Chéneveau, présentée par M. d'Arsonval.

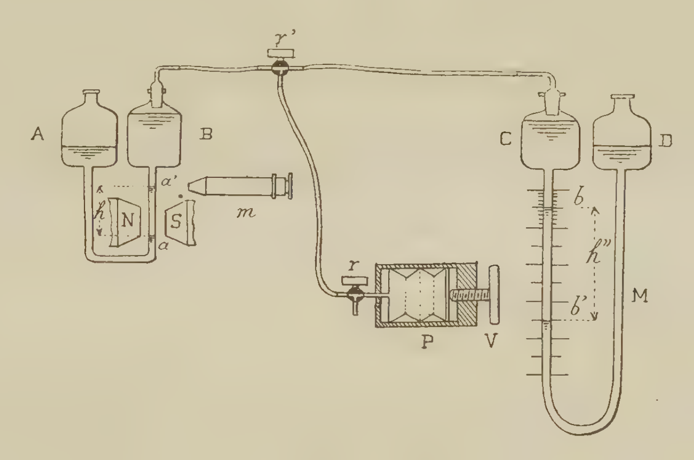
Si l'on considère l'action d'un champ magnétique sur un liquide qui peut se déplacer normalement aux lignes de force du champ, la dénivellation produite est, en général, assez faible pour n'être mesurable qu'avec un microscope, à oculaire micrométrique, de grossissement assez notable.

(¹) Présentée dans la séance du 18 avril 1910.

On peut déjà augmenter l'effet du champ de façon à le rendre visible sans le secours d'aucun instrument d'optique, en disposant dans un tube en U, formé par deux gros réservoirs A et B reliés par un tube assez fin T (*fig.* 1), deux liquides, l'un paramagnétique (solution aqueuse de SO^4Mn à 30 pour 100 environ) et l'autre diamagnétique (phénol, mélange de C^6H^6 et CCl^4). Les deux liquides ont des densités très voisines et peuvent se superposer dans le tube T de façon à former un ménisque a qui sera placé dans le champ magnétique.

L'expérience montre qu'avec deux liquides *dont les densités diffèrent de* 0,023 on obtient une élévation du niveau *dix-huit fois plus grande* qu'avec le liquide magnétique seul; c'est-à-dire que par exemple, dans un champ de 2800 gauss, au lieu de $0^{mm},5$, on obtiendra 9^{mm}.

Cependant, dans des champs non uniformes, cette méthode ne peut être employée que pour de faibles valeurs du champ parce que, pour de fortes dénivellations, l'intensité du champ ne serait pas la même au niveau initial a et au niveau final a'; d'ailleurs la dimension du champ peut s'opposer à une grande dénivellation.



Le dispositif suivant résout plus complètement le problème de la mesure exacte du champ. Imaginons que le réservoir B de l'appareil précédent, qui ne servira plus alors que d'indicateur, puisse être mis en communication avec un petit compresseur P (*fig.* 1), permettant d'exercer une légère pression à la surface du liquide du réservoir B, et un manomètre différentiel M permettant de la mesurer. La pression exercée par le champ au point a est

$$\frac{H^2}{2}(\varkappa + \varkappa_1), \tag{1}$$

H, intensité du champ; $\varkappa$ et $\varkappa_1$, susceptibilités magnétiques des liquides.

Lorsque le niveau tend à remonter, on comprime légèrement l'air pour exercer une

pression en sens contraire de celle due au champ, qui ramène le ménisque au point de départ a et l'y maintienne immobile; ce que l'on constate avec une grande précision à l'aide d'un microscope m. Le niveau de séparation des liquides du manomètre différentiel (eau-phénol, eau-mélange $C^6H^6 + CCl^4$, etc.) passera alors de b en b'. Soit h'' la dénivellation observée lorsque l'équilibre sera atteint; la pression appliquée sera

$$(2) \qquad h''(\rho_2 - \rho_3)g,$$

si ρ_2 et ρ_3 sont les densités des deux liquides du manomètre; $g = 981 \frac{\text{cm}}{(\text{sec.})^2}$. En égalant les expressions (1) et (2), on a donc

$$H^2 = \frac{2h''(\rho_2 - \rho_3)g}{\chi + \chi_1}.$$

Cette formule, qui peut permettre ainsi de déterminer l'intensité du champ magnétique, montre que la hauteur h observée peut être *cent trente fois plus grande* que la hauteur observée avec le liquide magnétique seul, c'est-à-dire que dans un champ de 2800 unités mesuré au fluxmètre Grassot, au lieu de $0^{mm},5$ on doit observer $6^{cm},5$ au manomètre; l'expérience faite à l'aide du modèle réalisé par la Société centrale de Produits chimiques $(\rho_2 - \rho_3 = 0,025)$ a donné $6^{cm},7$. Avec un champ quatre fois plus grand, on aurait 104^{cm}.

L'appareil, qui peut être utilisé pour tous les électro-aimants de laboratoire, permet la mesure d'un champ magnétique en une région extrêmement limitée de ce champ; la dénivellation du manomètre étant proportionnelle au carré du champ, l'emploi de l'appareil est encore indiqué dans le cas de champs alternatifs.

PHYSIQUE. — *Sur une loi de Stefan relative à l'évaporation*. Note de M. **P. Vaillant**, présentée par M. J. Violle.

La loi dont il s'agit vise la quantité de liquide évaporé dans un vase qui ne communique avec l'extérieur que par un orifice en mince paroi.

Elle repose sur l'analogie admise par Stefan [1] entre les phénomènes d'évaporation à l'état stationnaire et ceux d'électrostatique (la vapeur s'échappant suivant des lignes qui sont les lignes de force que créerait un disque électrisé circonscrit à l'orifice). Elle peut se formuler : « Toutes

---

(1) J. Stefan, *Wien. Ber.*, t. LXXXIII, 2, 1881, p. 943.

choses égales d'ailleurs, la vitesse d'évaporation est proportionnelle aux dimensions linéaires de l'orifice. »

Ayant employé pour l'étude de l'évaporation un vase auquel cette loi paraît devoir s'appliquer ([1]) et n'en ayant trouvé que des vérifications peu nombreuses et seulement qualitatives, j'ai tenté de la vérifier moi-même dans les limites où je pouvais l'utiliser (diamètres d'ouverture compris entre 3^{cm} et $0^{cm},5$).

Mes mesures ont porté sur l'éther, le chloroforme et la benzine. Elles ont consisté à déterminer simultanément le poids P évaporé par minute dans quatre vases cylindriques de même diamètre, $3^{cm},80$, fermés par des disques en métal mince percés au centre d'ouvertures circulaires de diamètres D respectifs :

$$3^{cm},\quad 2^{cm},\quad 1^{cm},\quad 0^{cm},5.$$

Les quatre vases contiennent la même quantité de liquide : celle-ci varie de façon que la distance d de la surface libre à l'orifice prenne les valeurs successives

$$2^{cm},10,\quad 1^{cm},66,\quad 1^{cm},22,\quad 0^{cm},78,\quad 0^{cm},34.$$

Le Tableau suivant contient les diverses valeurs du quotient $a = \frac{P}{D}$ (P en milligrammes), lequel devrait, d'après Stefan, être constant pour un liquide donné (les mesures se faisant sensiblement à une même température, F est constant)

		d.				
	D.	2,10.	1,66.	1,22.	0,78.	0,34.
Éther	3	200	260	310	400	532
	2	227	266	306	373	402
	1	202	227	241	260	270
	0,5	192	204	208	211	214
Chloroforme	3	84	102	120	157	209
	2	85	95	108	128	141
	1	77	82	89	92	95
	0,5	75	76	78	80	82
Benzine	3	28,6	32,8	41,2	52,0	64,8
	2	28,3	32,0	37,6	39,0	45,2
	1	22,0	24,6	25,6	27,0	28,0
	0,5	20,0	21,6	22,4	23,4	23,6

Les mesures sont trop peu nombreuses pour les rassembler dans une

---

([1]) *Comptes rendus*, 24 janvier 1910.

formule empirique. Mais de l'examen du Tableau découlent immédiatement certaines conséquences :

La vitesse d'évaporation varie en sens inverse de la distance du liquide à l'orifice (elle est grossièrement en raison inverse de la racine carrée de cette distance). La variation est d'autant plus lente (le coefficient de proportionnalité d'autant plus petit) que l'ouverture est plus petite et le liquide moins volatil.

La vitesse d'évaporation croît avec le diamètre de l'orifice, en général, plus vite que ne l'indique la loi de Stefan. Toutefois la variation avec le diamètre D est d'autant plus lente que l'orifice est plus grand, plus loin de la surface libre et le liquide plus volatil. Avec un liquide aussi volatil que l'éther il arrive même (pour $d > 1,5$ et $D > 2$) que la vitesse d'évaporation croît moins vite que le diamètre de l'orifice. Le même fait peut d'ailleurs être observé sur le chloroforme et la benzine, même avec $D < 1$, en faisant d suffisamment grand. Voici, par exemple, les valeurs obtenues par le quotient a avec $d = 7^{cm}$:

D.	Éther.	Chloroforme.	Benzine.
2	87	41	12
1	130	59	17
0,5	150	60	16

Enfin, toutes choses égales d'ailleurs, la vitesse d'évaporation dépend aussi du diamètre D′ de la surface libre, cette dernière influence étant d'autant moins marquée que le liquide est moins volatil et la surface libre plus grande par rapport à l'ouverture. On a comparé à ce point de vue quatre vases de diamètres respectifs :

$3^{cm},8, \quad 2^{cm},8, \quad 1^{cm},9, \quad 1^{cm},1,$

munis d'ouvertures de même diamètre $0^{cm},8$ et dans lesquels la quantité de liquide était réglée de façon à amener la surface libre à 1^{cm} de l'orifice. Voici les valeurs correspondantes du quotient $a = \frac{P}{D}$.

D′.	Éther.	Chloroforme.	Benzine.
3,8	188	79	24,0
2,8	136	74	23,6
1,9	118	71	23,2
1,1	80	59	22,2

En résumé, le rôle de l'orifice ne peut être isolé de celui que joue la surface

libre à la fois comme grandeur et comme position. Pour une surface libre donnée et un orifice partant de zéro et croissant d'une façon continue, la loi de Stefan donne d'abord des nombres trop faibles, puis paraît sensiblement exacte et au delà fournit des valeurs trop fortes. Les limites entre lesquelles elle paraît exacte varient d'ailleurs avec le degré de volatilité du liquide.

PHYSIQUE. — *Réaimantation spontanée du fer*. Note de M. **H. Ollivier**, présentée par M. E. Bouty.

J'ai abordé l'étude de deux puissants électro-aimants droits, identiques, formés chacun d'un noyau d'acier très doux de 10^{cm} de diamètre et 150^{cm} de longueur, et d'un enroulement régulier comprenant 2340 spires. Je décris dans la présente Note un phénomène de réaimantation spontanée, phénomène général, mais présenté à un haut degré par ces gros aimants.

Le phénomène en question a la même allure, qu'on étudie un seul des aimants ou les deux aimants placés bout à bout, avec ou sans entrefer. J'ai mesuré, en fonction du courant i : 1° (au moyen d'un magnétomètre éloigné) le moment magnétique, d'où l'intensité d'aimantation moyenne $\mathfrak{J}$; 2° (au moyen d'un balistique) le flux qui s'échappe d'un bout ; 3° le flux dans l'entrefer. Sauf pour les très faibles aimantations, inférieures à 0,1 C. G. S., ces trois quantités varient proportionnellement entre elles. Il suffit donc de parler de l'aimantation moyenne $\mathfrak{J}$.

Le courant i étant très intense et d'un sens que nous appellerons *positif*, coupons ce courant; l'aimantation décroît lentement jusqu'à une valeur positive $\mathfrak{J}_1$. Faisons passer un courant négatif pas trop intense i'' (quelques dixièmes d'ampère); l'aimantation prend une valeur fortement négative. Coupons le courant i'' ; l'aimantation reprend une valeur positive $\mathfrak{J}_2$ un peu inférieure à $\mathfrak{J}_1$. Faisons passer de nouveau le courant négatif i'', coupons-le et recommençons plusieurs fois; nous arrivons très vite à un cycle limite.

Cycle limite (*fig.* 1). — Pour $i = 0$, l'aimantation $\mathfrak{J}$ a la valeur positive $\mathfrak{J}'$ (plusieurs unités C. G. S.); pour i négatif et croissant en valeur absolue jusqu'à i'', $\mathfrak{J}$ décroît presque linéairement et atteint la valeur négative $\mathfrak{J}''$ qui peut être, en valeur absolue, 30 ou 40 fois plus grande que $\mathfrak{J}'$. Puis, i tendant vers zéro, $\mathfrak{J}$ augmente (la courbe de retour est très peu concave) et l'on retrouve rigoureusement l'aimantation première $\mathfrak{J}'$: il y a eu *réaimantation spontanée et totale* du fer.

Si l'on coupe brusquement le courant négatif i'' qui maintient la forte aimantation négative $\mathfrak{J}''$, l'aimantation ne reprend sa valeur première $\mathfrak{J}'$ qu'au bout d'un temps

mesurable, qui peut atteindre 1 minute. De petites boussoles placées près des noyaux se retournent brusquement quand l'aimantation change de signe. La durée θ qui

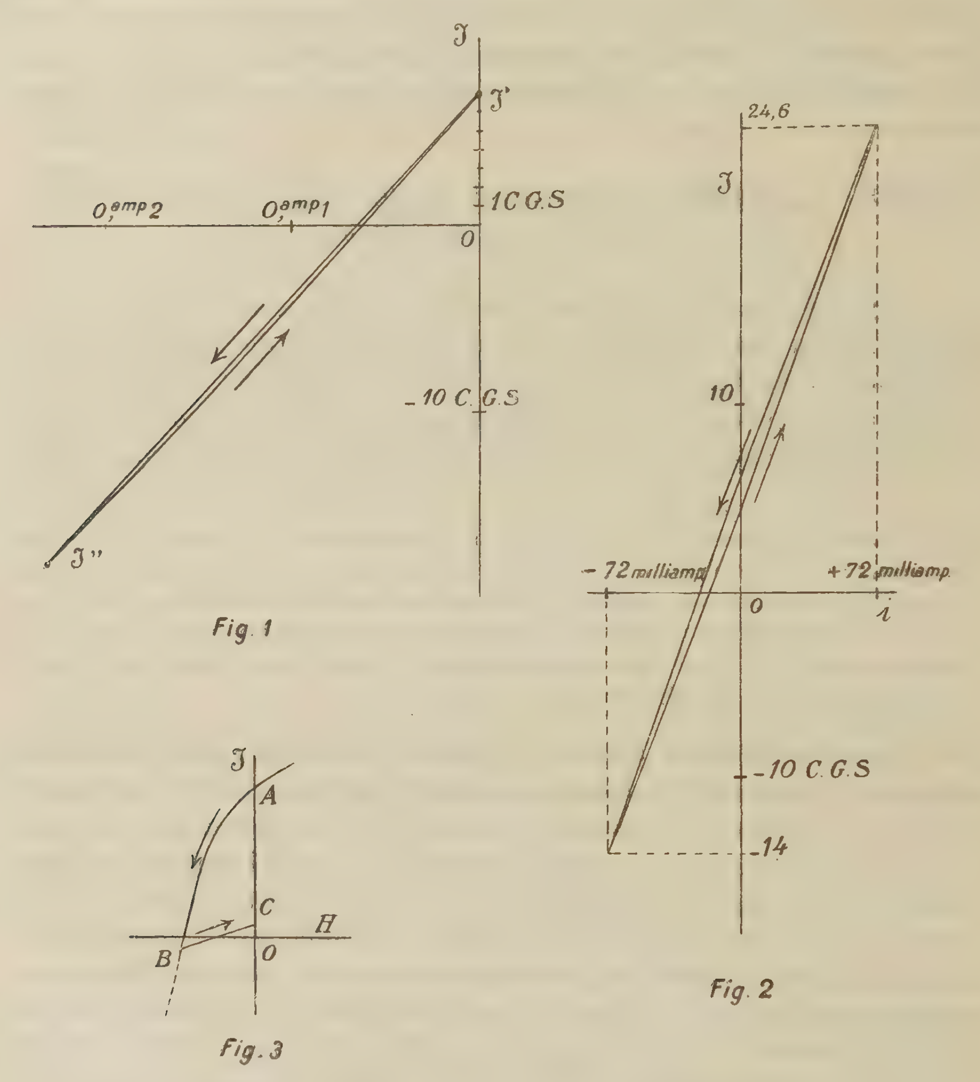


Fig. 1. — Cycle limite et réaimantation spontanée (un noyau) :
$\mathfrak{I}' = + \ 6,75$
$\mathfrak{I}'' = - 18,45$ (pour $0^{amp},234$).

Fig. 3. — Réaimantation partielle d'une longue tige (M. Maurain).

Fig. 2. — Cycle parcouru entre les valeurs $+ i''$ et $- i''$ ($i'' = 72$ milliampères). [Les deux noyaux bout à bout.]

sépare les instants de la rupture du courant et du retournement des boussoles croît avec $\mathfrak{I}''$. θ est triplé si les bobines sont mises en court-circuit pendant que la réaiman-

tation se fait : ce sont donc des courants induits qui ralentissent ainsi la réaimantation. Si l'aimant en expérience est parallèle au méridien magnétique, au lieu de lui être perpendiculaire, et si l'aimantation $\mathfrak{J}'$ a le sens de celle donnée par la Terre, θ diminue un peu; et inversement.

Autres cycles. — Le fer ayant été soumis d'abord à un fort champ positif, faisons varier le courant i entre les deux limites $+i''$ et $-i''$ ($i'' < 1$ ampère, et même $< 0^{amp},3$ pour que l'hystérésis soit négligeable). L'aimantation $\mathfrak{J}$ varie beaucoup en fonction de i, mais presque exactement suivant la loi simple

$$\mathfrak{J} = a + bi$$

quand il s'agit d'un seul noyau; quand les deux noyaux sont bout à bout, l'hystérésis est plus visible (*fig.* 2) et b est environ trois fois plus grand.

Un noyau court se comporte donc, pour des courants pas trop intenses, comme l'ensemble d'un aimant permanent en acier très dur (d'aimantation fixe a), et d'un solénoïde bien plus puissant que le solénoïde magnétisant.

En restreignant de plus en plus les limites $+i''$ et $-i''$, les cycles d'hystérésis se réduisent à un point ($\mathfrak{J} = a$), mais le fer est loin d'être désaimanté. Il faut, pour arriver à la désaimantation, employer des courants négatifs intenses.

J'ai retrouvé sur divers électro-aimants, sur des cylindres, des prismes, des tores, etc., des phénomènes analogues, mais d'autant plus affaiblis que les circuits magnétiques étaient mieux fermés ([1]). Les phénomènes présentés par les noyaux courts sont donc liés à l'existence d'un grand champ démagnétisant (à peu près égal, pour mes aimants, aux trois quarts du champ des bobines quand on part d'une aimantation nulle. Ce rapport devient d'ailleurs petit pour des courants intenses.)

M. Maurain qui, à ma demande, a bien voulu faire des expériences analogues aux miennes, a trouvé, sur diverses tiges d'acier, des réaimantations d'autant plus accusées que le rapport $\frac{\text{longueur}}{\text{diamètre}}$ était plus petit et l'aimantation plus loin d'être uniforme. En opérant sur une très longue tige de fer doux, M. Maurain a trouvé une ébauche de réaimantation (*fig.* 3). Si, en parcourant un cycle d'hystérésis ordinaire, on dépasse très légèrement le champ coercitif, on a une faible aimantation négative B; si l'on coupe le courant, on obtient une faible aimantation positive C.

La réaimantation lente, spontanée et totale des gros cylindres de forme ramassée n'est que l'exagération de ce fait normal.

([1]) Les dynamos présentent le phénomène décrit ci-desus; ce qui vient bien à l'appui de la théorie de M. Swyngedauw sur l'autoexcitation (SWYNGEDAUW, *Comptes rendus*, t. CXLVII, p. 301).

A ce sujet, M. **Bouty** rappelle que, dès 1876 (¹), par de simples mesures de moments magnétiques, il avait constaté qu'un barreau d'acier, aimanté primitivement dans un certain sens et soumis à l'action d'un champ démagnétisant tel que son moment magnétique soit nul (c'est-à-dire tel que le moment résultant de la bobine et du barreau soit égal à celui de la bobine employée seule), se trouve cependant aimanté dans le sens primitif quand le champ démagnétisant a cessé d'agir.

PHYSICO-CHIMIE. — *Mesure des susceptibilités magnétiques des corps solides.* Note de M. **P. Pascal**, présentée par M. D. Gernez.

Dans deux précédents Mémoires d'ensemble (²), j'ai montré comment la méthode classique du tube en U pouvait donner à $\frac{1}{200}$ près les susceptibilités magnétiques et servir ainsi dans l'étude de la constitution des sels minéraux dissous et des liquides organiques. J'ai été amené à chercher une méthode aussi précise et aussi rapide, applicable aux solides, en particulier dans le but de faire l'analyse magnétique des groupements chromophoriques des matières colorantes, de caractériser certaines isoméries en Chimie minérale et de préciser les circonstances de formation des roches ferrugineuses.

La méthode du tube en U revenant à mesurer par la dénivellation d'un liquide la pression exercée par le champ à sa surface, j'ai eu l'idée de mesurer cette pression à l'aide de la balance.

Le corps à étudier remplit à moitié un tube de verre T, à parois minces, de 10^{cm} à 30^{cm} de long et de 8^{mm} de diamètre intérieur. Ce tube est attaché par un fil F de 60^{cm} à 70^{cm} à l'une des extrémités du fléau d'une balance et pend dans l'entrefer d'un fort électro-aimant E du type Weiss, dont le plan de symétrie longitudinal est placé horizontalement. La surface terminale du corps est au centre du champ, qui reste pratiquement constant dans un volume de 2^{cm^3} pour un entrefer de 1^{cm}. Enfin un plateau non magnétique P est attaché à la partie inférieure du tube, à portée de la main, et tout l'ensemble est protégé par une étroite cage vitrée (en pointillé).

Les actions de l'électro-aimant sur les différentes parties du tube de verre se compensent par symétrie, et le fléau, d'ailleurs peu magnétique, se trouve dans une région où la résultante ε des champs opposés de l'entrefer et des fuites magnétiques est négligeable. Il est d'ailleurs facile d'en tenir compte dans les mesures. ($\varepsilon = 0^{mg},08$ pour un champ de 20000 gauss.)

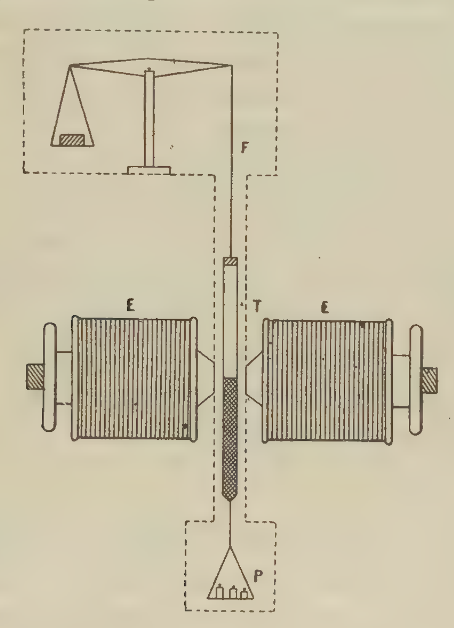
On complète l'appareil par un microscope horizontal à oculaire micrométrique qui

(¹) *Comptes rendus*, t. LXXXII, p. 1050.

(²) *Annales de Chimie et Physique*, mars 1909 et janvier 1910.

vise à poste fixe la surface terminale du corps et permet tout à la fois de placer constamment celle-ci dans la même partie du champ et d'évaluer les fractions de milligramme de la force exercée par l'électro.

L'appareil étant en équilibre, on détermine le zéro; puis on modifie la tare placée sur le plateau P et l'on rétablit l'équilibre en excitant l'électro. On arrive facilement à connaître à $\frac{1}{10}$ de milligramme près la force de pression F exercée par le champ.



Si s est la section du tube, H, H′ les champs aux extrémités de la substance, χ et χ_0 les susceptibilités du corps et de l'air, on a

$$F = \frac{\chi - \chi_0}{2}(H^2 - H'^2)s.$$

En remplaçant le corps par de l'eau, on observe une force de pression

$$F' = \frac{\chi' - \chi_0}{2}(H^2 - H'^2)s,$$

d'où la relation, indépendante de la nature et des dimensions de l'appareil

$$\chi = \chi_0 \pm \frac{F}{F'}(\chi' - \chi_0).$$

On voit facilement que, si a et D sont les masses spécifiques de l'air et de la substance, ρ la masse spécifique apparente de la charge du tube, la susceptibilité

spécifique est donnée par la formule

$$\chi_s = \left[1 - a\left(\frac{1}{D} - \frac{1}{\rho}\right)\right]\left[(\chi' - \chi_0)\frac{F'}{\rho F} - \frac{\chi_0}{D}\right],$$

qui se simplifie pour un liquide ou un solide continu ($\rho = D$).

Dans le cas des liquides usuels organiques, F et F′ sont de l'ordre de 15^mg à 60^mg pour des champs de 10000 à 20000 gauss; elles atteignent plusieurs hectogrammes pour certains corps ferrugineux. Aussi, quand la charge est bien régulière, les erreurs ne peuvent provenir que de la détermination du champ. Avec les précautions indiquées dans les Mémoires précités, on peut compter en moyenne sur le $\frac{1}{150}$, résultat qu'il serait peut-être hasardeux d'attendre d'autres appareils courants, comme, par exemple, le modèle commercial de l'appareil de Curie.

L'appareil que je décris ici me semble donc devoir rendre des services dans les laboratoires de Chimie où l'on voudra introduire les méthodes magnétiques d'analyse. Son dispositif robuste, ses indications rapides et fidèles m'ont même fait abandonner pour les liquides la méthode du tube en U, dans laquelle un manque de propreté absolue expose à l'influence perturbatrice des phénomènes capillaires.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'éther éthylique de l'allylcarbinol.* Note de M. **Pariselle**, présentée par M. A. Haller.

En faisant réagir l'oxyde de méthyle chloré sur le bromure d'allylmagnésium, M. Lespieau (*Comptes rendus*, t. CXLIV, p. 1161) a obtenu un mélange composé d'éther méthylique de l'allylcarbinol et de biallyle; il n'a pu séparer ces deux corps par distillation.

En répétant cette réaction avec l'oxyde d'éthyl-méthyle chloré

$$C^2H^5OCH^2Cl,$$

j'ai pu isoler l'éther éthylique

$$CH^2 = CH - CH^2 - CH^2OC^2H^5.$$

Point d'ébullition, 90°; $d_0 = 0,811$; $n_D^{17°} = 1,396$; $R_m = 30,48$; calculé : 30,80.

La fixation du brome et de l'acide hypochloreux sur cet éther éthylénique m'a fourni deux composés dont l'étude sera l'objet de ce travail.

Dérivé dibromé $CH^2Br.CHBr.CH^2.CH^2OC^2H^5$. — Point d'ébullition, 98° sous 13mm; $d_0 = 1,76$; $n_D^{15°} = 1,512$; $R_m = 45,2$; calculé : 47.

Ce corps, saponifié par l'eau à l'ébullition, comme je l'ai indiqué pour l'éther méthylique correspondant (*Comptes rendus*, t. CXLIX, p. 295), m'a donné :

1° L'*éthyline* $CH^2OH.CHOH.CH^2.CH^2OC^2H^5$; point d'ébullition, 130° sous 14mm. Je l'ai caractérisée par l'isocyanate de phényle qui m'a donné une diuréthane fondant à 98°-99°, c'est-à-dire 13° plus bas que celle de la méthyline;

2° L'*oxyhydrofurfurane* $CH^2 - CHOH - CH^2 - CH^2$ (O reliant les deux extrémités), que j'ai déjà obtenu avec l'éther méthylique. Je l'ai identifié par son uréthane.

Fixation de l'acide hypochloreux. — En opérant d'après la méthode indiquée par M. Henry, j'ai obtenu un liquide bouillant à 88°-90° sous 12mm et dont la composition répond bien à une addition pure et simple. Restait à déterminer de quelle façon le chlore et l'oxhydrile s'étaient fixés sur la liaison allylique.

En 1875, il y avait eu des discussions entre Markovnikoff et Henry [1], à propos de la fixation de l'acide hypochloreux sur le propylène. Markovnikoff prétendait que le chlore se fixait sur le carbone primaire, Henry sur le carbone secondaire.

En 1905, Henry [2] admet qu'il se forme à la fois un alcool primaire et un alcool secondaire avec prédominance du premier.

Dans le cas actuel, je crois avoir démontré que la majeure partie du produit formé est constituée par le corps

(A) $CH^2Cl.CHOH.CH^2.CH^2OC^2H^5$,

le corps

(B) $CH^2OH.CHCl.CH^2.CH^2OC^2H^5$

n'existant qu'en faible proportion.

En effet, le produit a été traité pendant 2 jours à 110° par un courant d'acide bromhydrique. Dans ces conditions, (A) devait donner

(A′) $CH^2Cl.CHOH.CH^2.CH^2Br$

et (B)

(B′) $CH^2Br.CHCl.CH^2.CH^2Br$.

---

(1) *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. XXVI, p. 23.

(2) HENRY, *Comptes rendus*, t. CXXXIV, p. 1070.

Or les analyses m'ont montré que le corps (A′) existait presque uniquement.

Seules les têtes de la distillation m'ont donné un peu plus d'halogène que la quantité théorique, ce qui montre qu'il n'y avait que des traces de (B′) et par suite de (B).

Voici quelques propriétés des corps étudiés :

$CH^2Cl.CHOH.CH^2.CH^2OC^2H^5$. — Point d'ébullition : 88°-90° sous 12^{mm}; $d_0 = 1,1138$; $n_D^{17°} = 1,45$; $R_m = 37,9$; calculé : 37,87.

$CH^2Cl.CHOH.CH^2.CH^2Br$. — Point d'ébullition : 103°-106° sous 13^{mm}; $n_D^{15°} = 1,52$; $d_0 = 1,71$.

Traité par la potasse en solution éthérée, ce corps m'a donné l'épibromhydrine $CH^2 - CH - CH^2 - CH^2Br$ (les deux premiers C liés par O) déjà étudiée (Pariselle, *loc. cit.*).

Épiéthyline $CH^2 - CH - CH^2 - CH^2OC^2H^5$ (les deux premiers C liés par O). — Point d'ébullition : 146°-147°.

Elle s'obtient en traitant la chlorhydrine précédente dissoute dans l'éther par de la potasse pulvérisée.

En la traitant par l'acide chlorhydrique, j'ai eu un liquide identique au corps (A).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des dérivés organomagnésiens sur les trialcoylacétophénones*. Note [1] de Mlle **Pauline Lucas**, présentée par M. A. Haller.

MM. A. Haller et Ed. Bauer ont montré que les alcoylphénylcétones se laissaient soder en milieu anhydre au moyen de l'amidure de sodium, et que le dérivé ainsi formé réagissait sur les iodures alcooliques pour donner des acétophénones substituées en α. Ils sont ainsi arrivés, par des alcoylations répétées, jusqu'aux trialcoylacétophénones [2]

$$C^6H^5 - CO - C \begin{matrix} \diagup R \\ - R' \\ \diagdown R'' \end{matrix}$$

Le présent travail a pour but l'étude de l'action des dérivés organoma-

---

(1) Présentée dans la séance du 18 avril 1910.

(2) A. Haller et Bauer, *Comptes rendus*, t. CXLVIII, 1909, p. 70, et t. CXLIX, 1909, p. 5.

gnésiens sur ces cétones, ainsi que l'étude des propriétés des dérivés qui se forment dans ces conditions.

Action de l'iodure de méthylmagnésium sur la triphénylacétophénone. — Lorsqu'on ajoute à une solution d'iodure de méthylmagnésium dans l'éther 1^{mol} de triméthylacétophénone, il y a une vive réaction et l'on observe au bout de quelque temps un abondant dépôt cristallin qui ne tarde pas à occuper la presque totalité de la solution.

On maintient pendant 2 heures à l'ébullition, puis on ajoute goutte à goutte de l'eau à l'aide de l'entonnoir à robinet. Il se déclare une vive réaction en même temps que le précipité cristallin entre en solution.

On acidifie la solution, on décante, on lave à l'eau, puis on chasse l'éther au bain-marie.

Le résidu est ensuite distillé dans le vide. Au commencement de la distillation il passe des traces d'eau, puis vers 100°, sous 15^{mm}, quelques gouttes d'un liquide à odeur spéciale. Le reste du produit distille ensuite intégralement de 116° à 117° sous 15^{mm} en ne laissant qu'un résidu insignifiant.

En partant de 50^g de triméthylacétophénone, on obtient 52^g de ce produit dont l'analyse correspond au *méthylpseudobutylphénylcarbinol*, formé en vertu de la réaction

$$(CH^3)^3 \equiv C - CO - C^6H^5 + CH^3MgI = (CH^3)$$
$$\equiv C - C\begin{cases} O - MgI \\ C^2H^5 \\ CH^3 \end{cases} \rightarrow (CH^3) \equiv C - C\begin{cases} OH \\ C^6H^5. \\ CH^3 \end{cases}$$

Les rendements sont donc de 96 pour 100.

Le méthylpseudobutylphénylcarbinol constitue un liquide peu mobile, doué de très peu d'odeur et distillant à 116°-117° sous 15^{mm}.

Il ne donne pas de phényluréthane. Traité par l'acide formique normal à l'ébullition, on obtient un produit passant de 95° à 120° sous 15^{mm}; en le fractionnant, on arrive à isoler une portion de tête de 88° à 90° sous 11^{mm} et une portion de queue de 115° à 117° qui est de l'alcool non attaqué.

L'analyse de la portion de tête nous a conduit au carbure $C^{12}H^{16}$ répondant probablement à la formule $C^6H^5 - C(=CH^2)C \equiv (CH^3)^3$.

Ce même produit peut se préparer plus facilement en maintenant le méthylpseudobutylphénylcarbinol à l'ébullition à la pression ordinaire pendant quelques heures. Il se dégage de l'eau, et le liquide passe alors de 195° à 200°. La déshydratation n'est cependant jamais complète, et il est nécessaire de purifier le produit obtenu par distillation.

C'est un carbure non saturé, car il fixe le brome et réduit lentement à froid le permanganate de potassium.

Action du bromure de phénylmagnésium sur la triméthylacétophénone. — La réaction se fait dans les mêmes conditions que la précédente. On n'observe cependant pas de dépôt cristallin, mais le produit de réaction prend une consistance gélatineuse. On décompose par l'eau acidulée, on lave, on chasse l'éther, et le résidu, distillé dans le vide, passe entièrement de 179° à 180° sous 11^{mm}.

Ici encore l'analyse nous a montré que la réaction a marché normalement et que nous nous trouvons en présence du *diphénylpseudobutylcarbinol*

$$\begin{matrix} CH^3 \diagdown & & \diagup OH \\ CH^3 - C - & C & - C^6H^5 \\ CH^3 \diagup & & \diagdown C^6H^5 \end{matrix}$$

C'est un liquide plus dense que le dérivé méthylé. Chauffé avec de l'acide formique, il ne se dissout pas, et, après plusieurs heures d'ébullition, on récupère de nouveau le carbinol inaltéré.

Chauffé à l'ébullition à la pression ordinaire, il subit une déshydratation absolument dans les mêmes conditions que le méthylpseudobutylphénylcarbinol.

Après fractionnement on obtient un liquide passant de 158° à 159° (11^{mm}), les portions de queue pouvant être déshydratées à nouveau.

L'analyse nous a montré que le produit ainsi obtenu résulte de la déshydratation du carbinol et correspond à la formule centésimale $C^{17}H^{18}$.

Ce carbure décolore le brome et réduit lentement le permanganate de potassium à froid.

Action du chlorure de benzylmagnésium sur la triméthylacétophénone. — La réaction se passe toujours dans les mêmes conditions. Au moment ou l'on ajoute la triméthylacétophénone il y a réaction vive et l'on n'observe pas de précipité.

On décompose par l'eau après avoir chauffé pendant quelques heures ; on décante, on lave à l'eau acidulée, on chasse l'éther, on distille sous pression réduite. Il passe de 175° à 178° sous 11^{mm} un liquide épais, incolore dont l'odeur rappelle les dérivés benzylés.

L'analyse correspond bien au *pseudobutylphénylbenzylcarbinol*, auquel nous devions nous attendre,

$$\begin{matrix} & & \diagup OH \\ (CH^3)^3 \equiv C - & C & - C^6H^5 \\ & & \diagdown CH^2C^6H^5 \end{matrix}$$

Comme pour le diphénylpseudobutylcarbinol l'acide formique est sans action sur ce carbinol et l'acide oxalique sec n'arrive pas non plus à le déshydrater ; il perd cependant facilement de l'eau quand on le fait bouillir à la pression ordinaire.

On obtient ainsi, après fractionnement, un liquide passant de 164°-165° sous 11^{mm} dont l'analyse correspond à la formule $C^{18}H^{20}$.

Ce carbure ne décolore pas le brome et ne réduit pas le permanganate de potassium à froid. Nous en poursuivons l'étude.

Action de l'iodure de propylmagnésium sur la triméthylacétophénone. — La triméthylacétophénone réagit assez vivement sur l'iodure de propylmagnésium. Après décomposition par l'eau et traitement habituel on obtient un produit distillant de 114° à 115° sous 15^{mm} et cristallisant par refroidissement. On remarque tout d'abord que ce point d'ébullition est plus bas que le point d'ébullition du méthylpseudobutylphénylcarbinol. Il semblerait donc *a priori* peu probable qu'on se trouvât en présence du propylpseudobutylphénylcarbinol cherché. Les cristaux n'avaient pas de point de fusion très net; ils fondaient aux environs de 40°-42°. Traité par l'isocyanate de phényle ce produit donne une phényluréthane fondant à 109°-110° que nous avons pu identifier avec la phényluréthane du pseudobutylphénylcarbinol obtenu par réduction de la triméthylacétophénone par l'alcool et le sodium.

Le dérivé organomagnésien aurait donc agit dans ce cas comme réducteur. Des faits analogues ont été déjà signalés maintes fois dans la littérature; nous ne citerons que le cas du pseudobutylmagnésium qui réagit sur l'éther formique pour donner l'alcool triméthyléthylique (1).

Nous continuons l'étude du mécanisme de cette réaction ainsi que des propriétés des carbures obtenus par déshydratation des alcools déjà décrits et nous espérons bientôt établir la constitution de ces derniers composés.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'essence de criste-marine.* Note de M. **Marcel Delépine**, présentée par M. A. Haller.

J'ai poursuivi l'étude de l'essence de criste-marine, *Crithmum maritimum* L. Omb., sur un échantillon d'un peu plus de 1^{kg}. Après quatre séries de rectifications toutes faites sous pression réduite, j'ai obtenu quatre portions incomparablement plus fortes que les voisines, antérieures ou postérieures : 1° à 44° et 44°-46° sous 14^{mm}; 2° à 62°-64° sous 13^{mm}; 3° à 94°-96° sous 15^{mm} et 4° à 157°-158° sous 13^{mm}.

La dernière portion est l'apiol d'aneth précédemment identifié (2). Les deux pre-

(1) Bouveault, *Comptes rendus*, t. CXXXVIII, p. 1108.

(2) M. Delépine, *Comptes rendus*, t. CXLIX, 1909, p. 215.

mières répondent aux carbures que M. Borde [1] a signalés, mais non identifiés; la troisième est celle que je n'avais eue qu'en petite quantité lors de mes premières recherches et en vue de laquelle la nouvelle préparation d'essence fut tout particulièrement entreprise.

Les fractions 44° et 44°-46° sont du *d*-pinène et même du *d*-pinène très dextrogyre, $[\alpha]_D$ ayant atteint $+47°45'$; l'essence de pin d'Alep seule a fourni jusqu'ici un carbure plus actif [2]. J'ai trouvé d'autre part $d_4^0 = 0,8703$; $N_D^{14} = 1,46915$, et vérifié que le carbure avait les propriétés chimiques du *d*-pinène.

La portion 62°-64°, la plus abondante, possède une odeur suave de citron et de bergamote. C'est un mélange de dipentène ou *i*-limonène et de paracymène, contenant peut-être $\frac{1}{5}$ de ce dernier. Le dipentène a été caractérisé par transformation finale en nitrolpipéridine fusible à 152° et le cymène, par transformation en acides *p*-oxyisopropylbenzoïque fusible à 157° et *p*-toluique fusible à 177°. Ce dernier composé est sûrement l'acide cristallisé que Hérouard [3] avait obtenu par oxydation nitrique de l'essence et appelé *acide crithmique*.

La troisième portion bout à 210-214° sous la pression atmosphérique, possède les densités $d_4^0 = 0,9521$, $d_4^{14} = 0,9387$ et a une composition élémentaire fort voisine de $C^{11}H^{16}O$. Les constantes sont celles du thymate de méthyle

$$C^6H^3(CH^3)_{(1)}[CH(CH^3)^2]_{(4)}(OCH^3)_{(3)}.$$

Effectivement, le produit déméthylé par l'acide bromhydrique ($d = 1,48$), en milieu acétique suivant le procédé de M. Störmer [4], a fourni du thymol assez pur pour cristalliser dès la dilution de la liqueur déméthylante. Distillé et cristallisé dans l'éther de pétrole, ce thymol a été obtenu en magnifiques prismes limpides fusibles à 50°; sur 12g de ce phénol, il n'est guère resté qu'une goutte d'une huile colorée non cristallisable.

La troisième portion est donc constituée principalement par l'éther méthylique du thymol. Ce résultat est d'autant plus intéressant que c'est la première fois qu'on trouve un éther du thymol dans une essence et que le thymol ainsi que son isomère, le carvacrol, passaient jusqu'ici pour présenter cette singularité de se trouver toujours libres dans les essences, alors que les autres phénols sont plus rarement libres et presque toujours éthérifiés. Voilà une lacune comblée; l'essence de criste-marine que j'ai préparée contenait environ un dixième de la portion renfermant le thymate de méthyle.

---

(1) F. Borde, *Bull. Sciences pharmacologiques*, t. XVI, 1909, p. 393.

(2) Vèzes, *Bull. Soc. chim.* 4e série, t. V, 1909, p. 931. — Darmois, *Comptes rendus*, t. CXLIX, 1909, p. 730.

(3) Hérouard, *J. Pharm. et Chim.*, 4e série, t. III, 1866, p. 324.

(4) R. Störmer, *D. chem. G.*, t. XLI, 1908, p. 321.

Mais cette portion contient évidemment quelques autres produits, car elle offre un léger pouvoir rotatoire dextrogyre (0°50′ environ) et un indice d'iode assez élevé. Malgré divers essais, je n'ai pu, par l'action de divers réactifs, y déceler que quelques dix-millièmes de deux phénols (par rapport à l'essence), des traces d'un éther d'acide gras à poids moléculaire élevé et un alcool à odeur de rose. Le pouvoir rotatoire et l'indice d'iode n'ont disparu que par un traitement au permanganate à 5 pour 100 à froid, sans que je n'aie d'ailleurs pu tirer aucun renseignement des produits issus de l'oxydation.

En résumé, l'essence de criste-marine contient sûrement du *d*-pinène, du paracymène, du dipentène, du thymate de méthyle et de l'apiol d'aneth (ou diméthoxy-2.3-méthylènedioxy-4.5-allyl-1-benzène). Il s'y trouve, en outre, quelques produits, entraînés surtout dans la portion contenant le thymate de méthyle, qui ne sauraient être caractérisés qu'avec plusieurs kilogrammes d'essence comme point de départ.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Chloroplatinates et periodures de di- et de triméthylamine; critique de leur emploi pour la séparation de ces bases.* Note de M. J. **Bertheaume**, présentée par M. Jungfleisch.

Si un certain nombre de procédés de séparation des amines primaires, secondaires et tertiaires ont été donnés qui permettent de séparer assez exactement de grosses quantités de ces amines (Hoffmann, Delépine), il n'existe point par contre de méthodes, parfaitement inattaquables, permettant d'opérer le dosage de ces bases mélangées, sur une quantité minime. Les discussions qui ont eu lieu entre M. Vincent et MM. Duvillier et Buisine [1] le démontrent largement. Cependant, il serait très désirable de posséder à cet égard une méthode rigoureuse, tant pour l'étude des produits industriels que pour la caractérisation des amines pures et leur recherche dans les liquides physiologiques. Nous nous proposons de rechercher un procédé exact de dosage des trois bases mélangées. Mais auparavant, nous passerons en revue quelques-unes des méthodes qui ont été données. La première que nous considérerons est celle de Bresler [2], pour la séparation de la di- et de la triméthylamine.

---

[1] Vincent, *Comptes rendus*, t. LXXXIV, p. 214 et t. LXXXIX, p. 238 et 788. — Duvillier et Buisine, *Comptes rendus*, t. LXXXIX, 1879, p. 48 et 709.

[2] Bresler, *D. deut. Zucker*, 1900, n°s 42 et 43, p. 1593 et 1627 et *Ann. Ch. anal.*, t. VI, 1901, p. 28 et 29.

Méthode de Bresler. — Bresler se base sur l'insolubilité du chloroplatinate de diméthylamine et la solubilité du chloroplatinate de triméthylamine dans l'alcool. Le sel platinique de la diméthylamine est recueilli et pesé, la triméthylamine est évaluée par différence.

Pour apprécier la valeur de cette méthode, j'ai déterminé la solubilité des chloroplatinates de di et triméthylamine dans l'alcool à différentes températures. Je suis parti de bases très pures, privées des dernières traces d'ammoniaque par le procédé François ([1]), à l'oxyde jaune de mercure. Leurs chloroplatinates, purifiés par cristallisation, avaient été séchés dans le vide sec. Les solubilités ont été déterminées à zéro. Nous résumons les résultats obtenus dans le Tableau suivant :

A 0°, 100 *parties en poids dissolvent :*

	Alcool				
	absolu.	à 90°.	à 80°.	à 70°.	à 60°.
Chloroplatinate de diméthylamine.	0,0048	0,110	0,325	0,558	0,996
Chloroplatinate de triméthylamine.	0,0036	0,070	0,243	0,391	0,766

Comme on le voit, les solubilités des deux chloroplatinates sont peu différentes et subissent avec la dilution de l'alcool des variations sensiblement proportionnelles. Elles sont extrêmement faibles pour l'alcool absolu et les alcools de degré élevé. On ne peut donc les utiliser pour séparer les deux bases l'une de l'autre. D'ailleurs, en appliquant la méthode à des mélanges en proportions connues des bases très pures, je n'obtins pas de bons résultats.

On ne peut, de même, accorder plus de valeur à la méthode proposée par Eisenberg ([2]), pour la séparation de la triméthylamine à l'état de chloroplatinate, en présence des autres bases.

La deuxième méthode que nous envisagerons est celle de Weiss ([3]).

Méthode de Weiss. — Weiss propose de séparer de la manière suivante, dans un mélange commercial, la triméthylamine de la diméthylamine. Il précipite leur solution chlorhydrique par l'iode ioduré, traite la masse des cristaux obtenus par la lessive de soude froide, qui ramène le periodure de

---

([1]) M. François, *Comptes rendus*, t. CXLIV, 1907, p. 568.

([2]) Eisenberg, *Deut. chem. Gesellschaft*, t. XIII, 1880, p. 1667, et *Bull. Soc. chim.*, t. LXXXVI, p. 75.

([3]) Weiss, *Liebig's Ann. der Chem.*, t. CCLXVII, p. 258.

diméthylamine à l'état d'iodure jaune et dissout le periodure de triméthylamine; celui-ci est additionné d'une solution d'acide sulfureux et la base est dégagée à chaud de la liqueur alcaline. Au point de vue analytique, ce procédé n'est pas susceptible d'assurer une séparation rigoureuse des deux bases, en raison de la décomposition rapide de l'iodure jaune de diméthylamine, corps instable et mal défini. Il m'a paru intéressant, au contraire, de déterminer exactement les caractères de chacun des deux periodures, ainsi que leurs degrés de solubilité, pour en tirer parti, s'il y avait lieu, dans la suite.

Le periodure de diméthylamine, mal connu jusqu'ici et dont j'ai établi la formule, est un triiodure d'iodhydrate : $(CH^3)^2 Az H.HI.I^3$. D'aspect huileux au-dessus de 15°, il cristallise, au-dessous de cette température, en tables hexagonales, dont l'angle du prisme est de 130°; très stables à l'air sec, elles fondent entre 83° et 85°. J'ai déterminé le degré d'insolubilité de ce periodure à zéro, en partant d'une solution à 15 pour 1000 de chlorhydrate dont j'abaissai progressivement le titre; il m'a fallu atteindre la dilution 1 pour 1000, pour ne plus avoir de précipitation. Quelques sels ($NaCl$, KCl, SO^4Mg) augmentent cette insolubilité, au point que l'on obtient encore des précipités avec des solutions d'une teneur égale à 1 pour 1000. Le chlorhydrate d'ammoniaque, au contraire, augmente la solubilité de ce periodure et rend non précipitables des solutions à 3 pour 1000 en chlorhydrate.

Le periodure de triméthylamine, $(CH^3)^3 Az.HI.I^4$, a été étudié surtout par M. Delépine [1]. Ses cristaux affectent la forme de tables hexagonales dont l'angle du prisme est de 127°. Ils fondent nettement à 65°.

J'ai effectué sur ce corps la même série d'essais que précédemment et constaté, après les auteurs qui s'en sont occupés, que son insolubilité était très grande. A 0°, j'ai pu obtenir directement dans une solution de chlorhydrate de triméthylamine au $\frac{1}{50000}$ des cristaux très nets que j'ai caractérisés par leur angles. Cette insolubilité est rendue extrême par $NaCl$, KCl, SO^4Mg et en particulier par le chlorhydrate d'ammoniaque à saturation, contrairement à ce qui a lieu pour la diméthylamine. On peut, à l'aide de ces sels, provoquer la précipitation du periodure dans des solutions au $\frac{1}{100000}$.

L'insolubilité du periodure de triméthylamine est donc extrêmement considérable, celle du periodure de diméthylamine est encore très grande, bien qu'à un degré moindre, fait qui semble avoir passé inaperçu jusqu'ici. Ces propriétés ne paraissent donc pas pouvoir être utilisées pour la séparation des deux bases mélangées en quantité massive, mais, au point de vue analytique, auquel nous nous plaçons ici, nous espérons montrer prochainement le parti que l'on peut en tirer.

---

(1) Delépine, *Thèse* de Pharmacien de 1re classe, 1896, p. 22.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence de la réaction du milieu sur la formation des mélanines par oxydation diastasique.* Note de M. **H. Agulhon**, présentée par M. E. Roux.

J'ai observé antérieurement l'inactivité de l'acide borique vis-à-vis de l'action de la tyrosinase en dosant pondéralement la quantité de mélanines formées [1]. Récemment, M. Wolff a pu déceler à l'aide de la même méthode l'influence favorisante de petites doses de phosphate disodique [2]. Il m'a paru intéressant d'essayer de mettre au point la question de l'influence de la réaction sur la formation oxydasique des mélanines.

Méthode de dosage des mélanines. — J'ai tout d'abord modifié la méthode exposée dans ma Thèse, pour la rendre d'une application moins longue. Après le temps d'action désiré de la tyrosinase sur la solution de tyrosine, on détruit la diastase par ébullition ou chauffage à l'autoclave (la présence de diastase active empêche la précipitation en bloc des mélanines). Après refroissement, on ajoute au liquide 5 pour 100 d'une solution de chlorure de calcium au dixième, puis quelques gouttes de lessive de soude. On agite et on laisse déposer. Au bout de quelques instants, on voit les mélanines se précipiter, sous l'influence à la fois du chlorure de calcium et du précipité de chaux qui agit par entraînement. On abandonne quelques heures et l'on filtre sur filtres tarés. On lave à l'acide chlorhydrique étendu qui dissout les matières minérales, puis à l'eau chaude. On sèche à poids constant et l'on pèse. La quantité de cendres du produit resté sur le filtre est négligeable.

Influence de la réaction. — Dans les expériences qui suivent, je faisais agir 2^{cm^3} de macération glycérinée de *Russula queleti* Fr. sur 100^{cm^3} ou 200^{cm^3} de tyrosine gauche ou racémique. Une première expérience a donné après 18 heures les chiffres suivants :

	Poids de mélanine dosée.
I. Témoin	33^{mg}
II. Milieu neutre à la phtaléine	45,5
III. Milieu alcalin $\frac{N}{1000}$ à la phtaléine	67
IV. Milieu neutre à l'hélianthine	10,5
V. Milieu acide $\frac{N}{1000}$ à l'hélianthine	9

(1) *Comptes rendus*, t. CXLVIII, 1909, p. 1340 et *Thèse* Doct. Sc. nat. Paris, 1910.

(2) *Comptes rendus*, t. 150, 1910, p. 477.

On voit que, pour ces différents milieux plus ou moins saturés par la soude ou par l'acide sulfurique, la réaction à laquelle correspond le poids le plus élevé de produits d'oxydation insolubles est une certaine alcalinité à la phtaléine.

Action des acides forts. — J'ai étudié comparativement l'action des acides phosphorique et sulfurique. Pour un témoin donnant après 22 heures 16^{mg} de mélanine, on obtient seulement 11^{mg},5 dans une solution $\frac{N}{2000}$ d'acide phosphorique, 8^{mg} dans une solution $\frac{N}{1000}$ du même acide et le même poids pour cette même concentration en acide sulfurique, 5^{mg},5 dans une solution $\frac{N}{500}$ de ce dernier acide. Les acides sulfurique et phosphorique agissent donc comme empêchants et de façon équivalente pour une même concentration moléculaire.

Action des sels neutres à l'hélianthine. — J'ai noté antérieurement l'inactivité de l'acide borique. Le phosphate monosodique se comporte de même. Pour un témoin donnant 16^{mg} de mélanine, on obtient pour des concentrations en phosphate monosodique $\frac{N}{1000}$, $\frac{N}{500}$, $\frac{N}{100}$, respectivement 15^{mg},5, 17^{mg},5 et 14^{mg},5.

Action des sels neutres à la phtaléine. — Le phosphate bisodique et le bicarbonate de sodium sont favorisants; l'optimum est assez élevé, compris entre les doses de $\frac{N}{200}$ et de $\frac{N}{100}$.

		Témoin : *o*.	Poids de mélanine dosée pour des concentrations $\frac{N}{500}$.	$\frac{N}{200}$.	$\frac{N}{100}$.	$\frac{N}{50}$.
Bicarbonate de Na...	I.....	26 mg	59 mg	»	»	»
	II.....	30,5	»	78	66,5	40
Phosphate bisodique.	I.....	10	34,5	»	»	»
	II.....	32	»	»	76	69

Action des sels alcalins à la phtaléine et des alcalis libres. — Le carbonate de sodium, le phosphate trisodique et la soude libre agissent d'abord comme favorisants, jusqu'à la concentration optima $\frac{N}{500}$ environ, puis sont nettement défavorables.

		Témoin : *o*.	Neutralité à la phtaléine.	Poids de mélanine dosée pour des concentrations $\frac{N}{1000}$.	$\frac{N}{500}$.	$\frac{N}{200}$.	$\frac{N}{100}$.	$\frac{N}{50}$.
Soude...	I...	26 mg	31,5 mg	54 mg	66 mg	»	»	»
	II...	»	30	»	58	1,5	»	»
CO^3Na^2.	I...	32	»	»	59	»	12	6
	II...	28	»	»	63	»	»	»
PO^4Na^3.	I...	24,5	»	42	»	3,5	»	»
	II...	32	»	»	80	0	»	»

De cet ensemble d'expériences on peut tirer les conclusions suivantes : les acides forts diminuent les rendements en produits d'oxydation insolubles; les acides et sels neutres à l'hélianthine sont parfaitement inactifs; les sels neutres à la phtaléine et alcalins à l'hélianthine sont favorables à la formation de ces corps, même à des doses relativement élevées, leur optimum étant situé vers une concentration $\frac{N}{200}$; les sels alcalins à la phtaléine et la soude libre sont favorisants jusqu'à la dose optimum $\frac{N}{500}$, puis rapidement défavorables.

Le poids des produits d'oxydation insolubles peut-il réellement servir de mesure à la marche du phénomène d'oxydation diastasique? Les observations que j'ai pu faire au cours des expériences précédentes me portent à penser qu'il y a des différences entre les mélanines obtenues en milieu alcalin artificiel et celles obtenues dans les témoins : différence de coloration, différence dans les propriétés de coagulation, et surtout différence dans le rendement total en mélanine par rapport à la quantité de tyrosine attaquée : en présence de phosphate bisodique, par exemple, j'obtiens d'emblée 78 de mélanine pour 100 de tyrosine; en présence de bicarbonate, 76 pour 100; en présence du phosphate trisodique, 80 pour 100; or MM. G. Bertrand et Rosenblatt [1], oxydant à fond la tyrosine par la tyrosinase, sans modifier la réaction naturelle, n'ont jamais obtenu plus de 60 de mélanine pour 100 de tyrosine. Il ne semble donc pas, sauf démonstration expérimentale du contraire, que l'on puisse considérer les variations pondérales des produits mélaniques comme une mesure exacte du pouvoir oxydant, mais plutôt comme la résultante de certains modes d'action de la tyrosinase sur la tyrosine; l'analyse chimique des produits d'oxydation et la détermination des échanges gazeux pourraient seuls conduire à des résultats exempts de critique.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Variation de la teneur en spartéine du genêt à balais suivant l'époque de la végétation.* Note de M. **J. Chevalier**, présentée par M. Armand Gautier.

Ayant eu l'occasion de constater des différences considérables de teneur en spartéine de genêts à balais de même provenance, nous avons cherché à

(1) Communication personnelle.

nous rendre compte des facteurs susceptibles d'amener ces variations et nous sommes arrivés à attribuer une influence prédominante à l'époque de la récolte de ces plantes.

Nos expériences ont été faites sur des genêts récoltés en Seine-et-Oise de mois en mois. Chaque expérience a porté sur 10^{kg} de plante sèche entière. Nous avons pratiqué l'extraction telle qu'elle s'opère dans l'industrie, et les chiffres ci-dessous sont ceux du sulfate de spartéine cristallisé

$$C^{15}H^{26}Az^2, SO^4H^2 + 5H^2O$$

obtenu par kilogramme de plante traitée par saturation de la solution éthérée de spartéine par SO^4H^2 à 25 pour 100. Nous avons trouvé :

Janvier	$4^g,02$
Février	4,15
Mars	6,80
Avril	3,25
Mai	4,32
Juin	3,27
Juillet	3,00
Août	2,33
Septembre	3,58
Octobre	4,07
Novembre	4,75
Décembre	4,07

De cette série de dosages on peut conclure que la spartéine se produit rapidement pendant la première période de la végétation et qu'elle diminue brusquement au moment de la floraison et de la formation du fruit. Elle n'est que partiellement utilisée et se localise dans le fruit, qui, à maturité, renferme jusqu'à 11^g de spartéine par kilogramme.

A l'automne se fait une seconde accumulation, mais beaucoup moins importante que celle du printemps.

BOTANIQUE. — *Sur la présence de plantes alpines aux basses altitudes dans le Valais central.* Note de M. **Léon Marret**, présentée par M. Gaston Bonnier.

L'étude des formations végétales dans les régions inférieures du Valais central m'a conduit à l'observation de quelques faits phytogéographiques et historiques que je vais résumer ici dans leur ensemble.

Dans ces formations, on constate la présence d'un grand nombre de plantes alpines, plus remarquables encore par le nombre d'individus de chacune des espèces représentées que par la variété de ces dernières.

Ces espèces appartiennent à deux catégories, les unes sont de transport récent et caractérisent surtout les glariers de la vallée, les autres d'origine historique se rencontrent exclusivement dans les formations steppiques ou garides valaisanes, situées entre 400^m et 600^m sur les collines bien exposées, principalement sur tout le versant méridional des Alpes Bernoises.

Parmi ces dernières espèces, les unes sont extrêmement abondantes dans ces formations, ce sont : *Globularia cordifolia* L., *Sempervirum arachnoideum* L., *var. tomentosum Schnittsp.*, *Saxifraga aizoon* L. La première est d'origine méditerranéenne montagnarde, la seconde par sa variété est caractéristique des climats steppiques, enfin le *Saxifraga aizoon* appartient au groupe des *Enaizoon* d'Engler possédant dans son ensemble une dispersion méridionale. On conçoit donc que ces espèces soient, en conséquence, plus particulièrement adaptées à un climat à tendance steppique comme celui du Valais central. Ce climat est en effet caractérisé : 1° par sa grande intensité lumineuse, résultant d'une pureté du ciel remarquable sous cette latitude surtout dans l'Europe occidentale, renforcée encore par la réverbération du sol généralement rocailleux; 2° par sa sécheresse; les pluies y sont en effet sinon fort rares, du moins de courte durée, tantôt peu abondantes et ne pénétrant pas le sol profondément, ou au contraire en trombes brèves qui ravinent le sol laissant s'échapper l'eau trop rapidement. Les rosées et le givre y sont presque inconnus, de même que les brouillards. De plus, les courants d'air fréquents autant que violents remontent la vallée et activent l'évaporation ainsi d'ailleurs que le rayonnement intense des nuits presque toujours sereines.

Ces conditions climatiques expliquent les modifications que présentent dans leur structure les *Primula viscosa* Vill. (*hirsuta* All.), *Saxifraga exarata* Vill., et *Draba aizoides* L., d'origine évidemment très ancienne, qui végètent avec une incroyable exubérance dans une station steppique entre Vernayaz et Martigny sur une dizaine de kilomètres. Les pieds de cette station, comparés aux individus alpins de ces mêmes espèces, présentent les caractères suivants :

Feuilles plus épaisses, surtout plus visqueuses (*Primula viscosa*, *Saxifraga exarata*), inflorescence beaucoup plus fournie, fleurs plus grandes et d'un coloris beaucoup plus accentué, énorme développement des organes souterrains.

En dehors de ces six espèces, qui possèdent en Valais deux centres d'extension bien distincts, *l'Oxytropis Halleri* Bunge *var. velutina* Sieb. apparaît par contre dans la région alpine comme sur un terrain conquis plus récemment. En effet, cette espèce

possède en Valais non seulement les caractères morphologiques précédemment cités, mais encore un épais feutrage (comme *Sempervirum tomentosum*). Ces caractères se maintiennent dans les stations alpines (à l'encontre des espèces précédemment citées); de plus, ces dernières, clairsemées et se rencontrant surtout dans les Alpes Pennines orientales, sont toutes en étroite relation avec les stations inférieures par des étapes que l'on peut nettement établir. La très petite station isolée du Mont Fully (1900^m à 2100^m), qui semble faire exception à la règle et qui, de plus, est l'unique station de la plante dans la Chaîne Bernoise, peut fort bien provenir de la région inférieure par l'intermédiaire de la Joux Brûlée, station steppique située à 1500^m, et qu'atteignent aisément les plantes de la région inférieure. Cette extension de bas en haut de l'*Oxytropis Halleri* semble en quelque sorte confirmée par l'allure analogue d'une plante compagne nullement alpine, l'*Astragalus exscapus* L., dont la présence dans la région alpine est beaucoup plus récente. Ces deux plantes ont bien certainement la même origine historique, l'*Oxytropis* appartenant aux basses régions steppiques de l'Altaï, et l'*Astragalus* aux steppes de la Hongrie et de l'Ukraine.

Si d'autre part, on recherche à quelles causes on peut rattacher l'origine de ces différentes espèces dans les régions inférieures, il m'apparaît nécessaire de remonter aux phases climatiques postérieures à la dernière période glaciaire, phases chaudes et sèches alternant avec des périodes de refroidissement et d'humidité, séparées les unes des autres par des phases plus courtes de transition. La pluralité de ces phases constitue la période dite *xérothermique* ou *steppique postglaciaire*, période qui, selon moi, n'a pas eu l'unité d'action bien définie que lui attribuent encore certains auteurs.

Ce sont ces phases, moins importantes naturellement que celles du système glaciaire proprement dit, qui durent, par un jeu alternatif d'influences contraires progressivement décroissantes, mêler tour à tour les plantes alpines aux plantes steppiques et réciproquement. De ces migrations successives, certains vestiges subsistent encore de nos jours dans les régions inférieures du Valais central, les uns plus nombreux possédant deux centres d'extension distincts, alors que, plus atteint sans doute par ces alternances climatiques, et possédant d'autre part plus d'affinités avec les espèces steppiques, l'*Oxytropis Halleri* aurait à un certain moment perdu son centre alpin qu'il reconquiert peu à peu.

BOTANIQUE. — *L'Ambrosia du* Tomicus dispar. Note de M. J. **Beauverie**, présentée par M. Gaston Bonnier.

On comprend, sous le nom général d'*Ambrosia*, des champignons de diverses espèces qui tapissent les cavités des galles produites par les

Asphondylia, ou les galeries que creusent dans l'intérieur du bois certains insectes xylophages dont la plupart appartiennent au groupe des Scolytides. L'espèce de champignon est déterminée et constante suivant la nature spécifique de l'insecte.

La connaissance d'un revêtement intérieur des galeries des Scolytides est déjà ancienne; Schmidberger le signalait dès 1836, mais sans reconnaître sa véritable nature; il voyait là une substance albuminoïde concrétée provenant des sucs de l'arbre; Hartig, en 1844, en reconnaît la nature mycotique, et en fait, à tort, un *Monilia*. Il faut arriver à ces dernières années pour trouver, avec les travaux de Hubbard (1897), et surtout de Neger (1908 et 1909), une étude rationnelle sur ce sujet. Nous donnerons ailleurs une mise au point détaillée de la question des champignons Ambrosia avec les résultats, éclairés de nombreuses figures, de nos propres recherches; mais nous voulons, dès aujourd'hui, indiquer brièvement ceux-ci à la suite des principales conclusions des auteurs.

Neger a montré que, dans les galles d'*Asphondylia*, l'insecte se nourrit du champignon Ambrosia et il a établi par quelle adaptation ce dernier puise sa propre nourriture dans les tissus de l'hôte; il a enfin déterminé la nature spécifique de ces divers champignons qu'il faut rattacher au genre *Macrophoma*.

Les champignons Ambrosia des galeries d'insectes xylophages ont pour ces derniers l'utilité de drainer dans le bois un aliment parcimonieusement réparti, surtout au point de vue des matières azotées, et de le mettre à la portée des larves sous la forme d'une sorte de gazon mycotique sur lequel elles reposent. Ces insectes à Ambrosia creusent leurs galeries seulement dans les bois assez frais et dans l'aubier, car, dans ces conditions seulement, le champignon trouvera l'eau et les aliments nécessaires à son développement. Il rencontre encore dans les galeries une circonstance très favorable : l'aération utile à ses exigences d'aérobie. Cette aération a, d'autre part, pour conséquence d'entraîner une contamination assez fréquente du *gazon de champignon* par des *mauvaises herbes*, autrement dit par des impuretés diverses dont les plus répandues sont des *Ceratostomella* (Hubbard, Neger) et des levures (Neger et nous-même). On peut dire, malgré cela, que ces *cultures* des galeries de Scolytides, établies sur le milieu naturellement stérile qu'est l'intérieur du bois, constituent des cultures pures. Il est remarquable, à ce propos, que l'insecte ne fait jamais traverser à ses galeries une région où le bois est préalablement altéré ou contaminé.

Certaines questions importantes que comporte cette étude ne sont

pas encore nettement éclaircies, ce sont notamment les deux suivantes :

1° De quelle façon les champignons des Ambrosia sont-ils ensemencés dans les galeries? 2° Quelle est leur identité spécifique?

Nous ne traiterons pas ici de la première question, mais seulement de la seconde qui a fait le principal objet de nos recherches à propos du champignon Ambrosia des galeries de *Tomicus dispar*. Nous avons étudié ce dernier à l'occasion de nombreux matériaux reçus de certaine région de la vallée du Rhône où l'insecte fait depuis quelques années sur les arbres fruitiers des ravages dont nous avons signalé la gravité (1).

Disons, tout d'abord, que les auteurs qui se sont efforcés de déterminer l'espèce de champignon qui constitue l'Ambrosia des galeries de *Tomicus* n'ont pu aboutir à un résultat; nous n'arrivons nous-même qu'à une conclusion hypothétique. Voici les faits nouveaux que nous avons obtenus :

1° Nous avons trouvé, sous le stroma qui supporte les cellules en files caractériques de l'Ambrosia, entre lui et le bois, des massifs de cellules levures. Ces levures étaient constantes dans nos échantillons, provenant tous, il est vrai, d'une même origine. Lorsqu'elles faisaient défaut nous trouvions toujours alors des sortes de kystes arrondis dans les cellules des rayons médullaires. Ces kystes correspondent à un état particulier du champignon qui produit la levure, comme nous a permis de l'établir la méthode des cultures pures.

Les cultures nous ont montré (caractères morphologiques et cytologiques) que les cellules levures appartiennent à un *Dematium*. Celui-ci n'est peut-être qu'une simple impureté de l'Ambrosia, mais son abondance et sa fréquence le rendent intéressant presque au même titre que ce dernier.

2° Le stroma s'est creusé, après quelques mois, de très nombreuses cavités ressemblant à des conceptacles, mais ils n'ont évolué ni en pycnides ni en périthèces ; après plus de 5 mois ils étaient encore vides.

En culture sur milieux artificiels nous avons obtenu à la fois les formes de l'Ambrosia proprement dit et le Dematium.

Il ne nous semble pas interdit d'envisager l'hypothèse de la continuité des deux formes Ambrosia et Dematium qui ne constitueraient qu'un seul et même champignon ; nous donnerons ailleurs les arguments qui militent dans ce sens. Toutefois l'explication suivante nous paraît moins sujette à caution.

---

(1) *Sur une maladie des pêchers dans la vallée du Rhône* (*L'Horticulture nouvelle*. Lyon, 1909).

Les Ambrosia de certaines galles présentent avec ceux des galeries du *Tomicus dispar* de grandes similitudes au point de vue morphologique. C'est ainsi que dans les deux cas, il existe, du côté de la cavité, des files de cellules globuleuses identiques. Neger a, en outre, montré que l'Ambrosia des *Asphondylia* produit des conceptacles qui tantôt restent vides, tantôt évoluent en pycnides de *Macrophoma*. Étant donnés ces faits, il nous semble que l'on puisse admettre, par analogie, que les conceptacles restés vides que nous avons vu se former en grande quantité dans le stroma de l'Ambrosia du *Tomicus* sont des pycnides non évoluées d'un *Macrophoma* et que cet Ambrosia doit être rattaché à ce genre de *Funghi imperfecti*.

Une longue adaptation à des conditions de vie tout à fait spéciales a pu faire perdre au champignon la faculté de conduire à évolution complète ses appareils reproducteurs.

BOTANIQUE. — *Sur l'absorption du baryum par les plantes*. Note de MM. **H. Colin** et **J. de Rufz**, présentée par M. Gaston Bonnier.

La pénétration du baryum dans les plantes n'a été, jusqu'à présent, l'objet que d'un petit nombre de recherches. Dworzak [1], en 1874, trouve, dans le blé des alluvions barytiques du Nil, de très petites quantités de baryum localisées principalement dans les feuilles. En 1899, Hornberger [2], à la suite de Scheele et de Eckard, constate la présence du baryum, à l'état de SO^4Ba, dans les cendres du hêtre végétant en sol barytique. Enfin, plus récemment, Demoussy [3], étudiant l'absorption des azotates sur le colza cultivé en solution, voit les plantes végétant dans une solution de $(NO^3)^2Ba$, perdre leurs feuilles et attribue ce phénomène à la pénétration d'une légère quantité de baryum jusqu'au niveau des feuilles.

Knop [4] avait déjà signalé la toxicité du baryum et son incapacité à remplacer le calcium dans les cultures.

Nous avons repris la question de l'absorption du baryum en opérant sur diverses plantes, pois, maïs, haricot, cultivées en solution diluée d'azotate ou de chlorure de baryum.

---

(1) H. Dworzak, *Landw. Versuchstat.*, Bd. XVII, 1874, p. 398.

(2) Hornberger, *Landw. Versuchstat.*, Bd. LI, 1899, p. 473.

(3) Demoussy, *Ann. agron.*, t. XXV, p. 529.

(4) Knop, *Landw. Versuchstat.*, Bd. VIII, 1866, p. 143.

Les pois sont mis à germer dans l'eau distillée et transportés dans la solution barytyque dès que la racine a pris un développement convenable. Après avoir expérimenté diverses concentrations, nous nous sommes arrêtés à celle de 0,125 pour 1000. Dans ces conditions, le développement n'est pas sensiblement entravé, ainsi qu'en témoigne la turgescence des racines, dont l'extrémité se flétrit, au contraire, pour une concentration atteignant 0,250 pour 1000.

Les pois, ainsi cultivés, renferment du baryum ; nous l'avons mis en évidence par des dosages effectués sur la plante totale.

Après un séjour d'une quinzaine dans la solution, les pois sont lavés, jusqu'à ce que les eaux de lavage, concentrées, ne présentent plus trace de précipité par SO^4H^2 ; on dessèche, calcine au moufle ; le baryum est dosé dans les cendres à l'état de SO^4Ba.

Le baryum est-il réparti uniformément à l'intérieur des tissus ; en particulier, la tige en contient-elle autant que la racine ? Dans de semblables recherches relatives à l'absorption ou à la toxicité, les auteurs se sont bornés à effectuer les dosages sur la plante entière. Nous sommes arrivés, par deux méthodes différentes, examen microchimique et dosage, à cette conclusion que la presque totalité du baryum se trouve localisée dans la racine.

Pour la recherche microchimique, cinq ou six coupes sont placées sur un porte-objet ; on dépose une goutte de SO^4H^2 à 66°, on chauffe jusqu'à destruction des coupes, on recouvre d'une lamelle ; après quelques heures, on observe, au microscope, les cristallites en forme d'X, caractéristiques du baryum.

Les coupes pratiquées dans la racine donnent toujours et abondamment la réaction indiquée ; on n'obtient, au contraire, avec les coupes de tige, que quelques croix très rares.

Les dosages confirment ces recherches qualitatives ; voici les données numériques relatives à une expérience (d'autres, en grand nombre, ont constamment fourni des résultats semblables) :

	Poids sec.	Cendres.	SO^4Ba.
Racine	0g,930	0,146	0,015
Tige	2g,640	0,173	Un louche

Il était intéressant de se demander si la localisation à peu près exclusive du baryum dans la racine n'entraînait pas quelques particularités, observables au microscope, qui ne se retrouveraient ni dans la tige, ni dans les racines exemptes de baryum. Nous avons constaté, en effet, sur les coupes de racines renfermant du baryum, la présence constante, dans le *péricycle*, de granulations abondantes, remplissant les cavités cellulaires, au point de

communiquer au péricycle, sur toute son étendue, une teinte sombre. Rien de semblable ne s'observe dans la tige et les racines normales.

Comment la présence de ces granulations est-elle corrélative de la teneur en baryum ? Leur nature barytique semble indiquée par l'expérience suivante. On pratique, sur le pois, la décortication de la racine; la plus légère traction suffit à séparer les tissus au niveau des cadres subérisés de l'endoderme; on effectue sur l'écorce et sur le cylindre central la réaction microchimique à l'acide sulfurique; le résultat est négatif avec l'écorce; les cristaux typiques de SO^4Ba sont abondants avec le cylindre central.

PHYSIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Stérilisation de grandes quantités d'eau au moyen des rayons ultraviolets.* Note de M. **Gabriel Vallet**, présentée par M. A. Chauveau.

Les présentes recherches ont eu pour but de déterminer quelle est, au point de vue du débit en eau stérilisée, la limite de puissance d'une lampe donnée, en la plaçant dans des conditions de rendement aussi parfaites que possible.

J'ai utilisé successivement deux lampes en quartz aux vapeurs de mercure: l'une de 220 volts, longue de 30^{cm} (fournie par une maison de Paris); l'autre de 110 volts, à double manteau de quartz, dont le brûleur mesure 6^{cm} de longueur (fournie par la Quartzlampen Gesellschaft). A tous les points de vue, cette dernière s'est montrée supérieure, et les résultats qui suivent la concernent seule.

La lampe était immergée dans un récipient clos, rempli et traversé par l'eau sous pression de la canalisation de Montpellier.

Cette eau, souillée d'une façon fréquente, contenait 1000 colibacilles par litre pendant les expériences et fertilisait le bouillon en 24 heures au $\frac{1}{50}$ de goutte; à cause du trouble qu'elle présentait, elle a dû être clarifiée au moyen d'un dispositif spécial avant son arrivée dans l'appareil.

Il résulte des expériences faites qu'il est possible, avec une seule lampe de 110 volts, de stériliser une eau très polluée, sous un débit voisin de 10^{m^3} à l'heure, en réalisant les conditions suivantes :

1° Donner préalablement une limpidité parfaite à l'eau;

2° Amener l'eau dans l'appareil de telle façon que les masses nouvelles arrivent bien progressivement au contact du brûleur;

3° Proportionner la capacité du récipient au débit, de manière que chaque

molécule d'eau reste illuminée, pendant au moins une minute, dans la limite de la portée utile des rayons;

4° Recueillir l'eau, pour la conduire au dehors, dans la couche qui entoure immédiatement le brûleur.

Je me suis efforcé de réunir ces conditions dans l'appareil qui a servi aux expériences.

La stérilisation a toujours été complète avec un débit de 5^{m^3} à l'heure; la mise en culture de quantités d'eau notables (500^{cm^3} d'eau répartis dans des ballons avec une égale proportion de bouillon) restait absolument stérile. Avec des débits variant entre 5000^l et 9200^l, quantité maximum que fournissait la prise d'eau, les résultats ont été inconstants; tantôt la stérilisation était complète, tantôt un ballon ou deux cultivaient, quelquefois tardivement. On peut attribuer ces accidents partiels au trouble primitif de l'eau qu'une clarification, forcément incomplète pour une si grande quantité dans une installation de laboratoire, ne parvenait pas toujours à dissiper complètement. Pendant la période des pluies notamment, l'eau contenait toujours en suspension, après filtration rapide, de fines particules d'argile visibles seulement sous une grande épaisseur et à la faveur de l'éclairage du brûleur. Malgré cela le colibacille a toujours été détruit et même la stérilisation complète de l'eau, encore un peu louche, a pu être obtenue, mais en diminuant alors le débit dans les limites convenables.

Avec une clarification parfaite, on peut prévoir que le débit de 10^{m^3} à l'heure serait dépassé.

La consommation de la lampe à double manteau de quartz a été, au cours des expériences, de 4 hectowatts-heure.

Cette faible consommation, jointe à la simplicité de l'installation et à la quantité d'eau assez considérable qu'une seule lampe peut stériliser, font donc espérer qu'on pourra prochainement appliquer l'action des rayons ultraviolets à l'épuration en grand de l'eau des villes, mais à condition d'avoir au préalable clarifié l'eau d'une manière parfaite.

ZOOLOGIE. — *La partie abdominale du grand sympathique chez les Sauriens.* Note de M. E. Sauvage, présentée par M. Edmond Perrier.

Le plexus mésentérique formé par l'union de filets du pneumogastrique et du grand lymphatique est, chez *Lézard ocellé*, constitué par des rameaux partant des 9e, 10e, 11e, 12e et 13e ganglions vertébraux du côté gauche; ces rameaux passent entre les feuillets du mésentère et se rendent à des ganglions situés à l'origine des vaisseaux mésentériques, qu'ils accompa-

gnent; ces filets remontent le long de la partie pylorique de l'estomac et s'y distribuent; ces filets reçoivent directement quelques rameaux venant du 9e ganglion du sympathique.

Deux petits ganglions forment un plexus qui donne des filets fort ténus qui s'accolent aux vaisseaux se rendant à la rate et pénètrent avec eux dans cet organe. Chez *Platydactylus guttatus* un filet de ce plexus se rend à l'épididyme.

Le plexus mésentérique est moins développé chez *Caméléon vulgaris* et chez *Platydactylus guttatus* que chez *Lézard ocellé;* il est au contraire formé d'un plus grand nombre de ganglions chez *Salvator Meriamæ*, *Zonure géant*, *Stellion vulgaris*, *Varan du désert*, chez lequel les ganglions sont gros, tandis qu'ils sont petits chez la première de ces espèces.

Du côté droit des 8e, 9e et 10e ganglions vertébraux partent des rameaux qui accompagnent les vaisseaux hépatiques et se rendent dans le foie : chez *Lézard ocellé*, ces branches sont au nombre de trois, présentent, la moyenne et la postérieure, un petit ganglion d'où partent plusieurs rameaux.

Le plexus ovarien et le plexus testiculaire sont bien développés chez *Zonure géant;* il en est de même pour le dernier de ces plexus chez *Salvator Meriamæ* et chez un iguanien *Papaya orbicularis.*

Le plexus génital donne des filets au plexus crural et forme, en se terminant, un plexus hémorroïdal (*Varan du désert*) qui donne des filets à la partie terminale du tube digestif et au cloaque. Chez *Stellion vulgaris,* on voit à la partie terminale du tube digestif un ganglion un peu plus gros de forme ovalaire d'où partent des filets s'anastomosant avec le plexus crural : ce ganglion donne aussi un filet se rendant à l'oviduc ou au canal déférent. Chez *Caméléon vulgaris*, au niveau des vertèbres sacrées, un filet s'anastomose avec celui du côté opposé entourant les vaisseaux hémorroïdaux.

Chez *Varan du désert*, au niveau de l'extrémité pylorique de l'estomac, la chaîne du grand sympathique se sépare de l'aorte, se portant un peu à droite, et fournit des filets au testicule ou à l'ovaire, et au plexus crural se terminant au plexus hémorroïdal.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur l'éruption de l'Etna du* 28 *mars* 1910. Note de M. A. **Riccò**, présentée par M. A. Lacroix.

Dans la journée du 22 mars, les sismographes de l'Observatoire de Catane ont enregistré quelques petites secousses. Depuis les premières heures du 23, jusqu'à 8^h du matin, une vingtaine de faibles mouvements ont été constatés, dont le plus important a eu lieu à 2^{h}55^m (temps de

l'Europe centrale). Ces secousses ont été exclusivement instrumentales et rien d'anormal n'a été observé sur le volcan, bien que l'Observatoire de l'Etna ait été bouleversé par les secousses, sans subir cependant de dommages importants.

A $8^h 15^m$, on a vu surgir des brouillards au-dessus du Piano del Lago un mince panache de fumée, ayant la forme caractéristique du pin éruptif; c'était le signal d'une nouvelle éruption.

En effet, une fente s'était ouverte entre le Monte Castello et la Montagnola, entre les altitudes de 1950^m et de 2300^m, avec une direction Sud-Sud-Ouest Nord-Nord-Est; elle se prolongeait vers le Nord, sur le Piano del Lago, par deux grandes fractures principales.

Sur la fente éruptive, quinze à vingt bouches ont commencé à lancer des bombes, des lapilli et des vapeurs. Une petite coulée est sortie tout d'abord des bouches supérieures, mais elle n'a parcouru que 2^{km}, dans la direction Nord-Sud, parce que le flux principal de la lave s'était établi, selon la loi hydrostatique, aux bouches inférieures, près du pied sud du Monte Castellazo. De ces bouches la lave coulait en plusieurs branches, qui ne tardaient pas à se réunir en un magnifique fleuve de feu, dont la vitesse était d'environ 6^m par seconde près des bouches et de 3^m plus bas.

La lave arrivait bientôt à l'est du Monte Faggi; ne trouvant entre celui-ci et la première coulée de l'éruption de 1892 qu'un passage très étroit, elle s'accumulait pour former ensuite une superbe cascade incandescente, large d'environ 10^m, haute de 20^m. Le courant a gagné ensuite le pied oriental du Monte Sona, puis la gorge située entre le Monte San-Leo et le Monte Rinazzi, ne mettant que 7 heures 30 minutes pour effectuer 5^{km}; sa vitesse moyenne était, par suite, d'environ 700^m à l'heure.

Les jours suivants, les laves ont continué à s'avancer vers le Sud, mais avec une vitesse moindre. La coulée s'est élargie et s'est partagée en plusieurs branches, dont la plus longue s'est arrêtée avant la *Cisterna della Regina*, à environ 10^{km} des bouches inférieures; une branche moins longue s'est arrêtée le 10 avril.

Les cratères supérieurs ont émis des lapilli et des cendres, mais en quantité très modérée et avec une faible quantité de produits gazeux, parmi lesquels il y avait peu de vapeur d'eau. Aussi, les détonations n'ont-elles été qu'intermittentes et d'une intensité médiocre; ce n'est que le 25 mars qu'il s'en est produit d'assez fortes pour faire trembler les vitres à Catane.

La cascade de lave du Monte Faggi s'est consolidée le 4 avril, les coulées inférieures se sont arrêtées le 10; les laves supérieures ont continué à

ravager les campagnes jusque vers le 20 avril, mais aujourd'hui leur marche est insignifiante et l'on ne voit plus d'incandescence dans les laves des bouches effusives.

Je rappellerai que, lors de l'éruption de 1883, le versant méridional de l'Etna a été déchiré par une fente radiale (constatée par MM. Silvestri et Arcidiacono), qui allait en serpentant du cratère central à ceux qui venaient de s'ouvrir. Elle se bifurquait ensuite. Une branche était dirigée vers le Monte Segreta et l'autre vers Monte Fusara et les Monti Rossi, cratères de l'éruption de 1669. Les appareils éruptifs de 1886, de 1892 et le milieu de celui de l'éruption actuelle sont tous sur les traces de cette fente.

Dès lors, on comprend que les laves d'une éruption, avec leur tendance à descendre, soudent et recouvrent la partie inférieure de la fente radiale, en laissant ouverte la partie supérieure, qui, par suite, présente une voie plus facile pour l'éruption suivante. Celle-ci, dès lors, aura une tendance à se produire au-dessus du point de sortie de l'éruption précédente. Cela a eu lieu ainsi pour les quatre dernières éruptions de l'Etna rappelées plus haut :

Éruption de	1883	1050^{m}
»	1886	1450
»	1892	1850
»	1910	2125

La différence de chacune de ces altitudes est de 400^{m} pour les deux premières et de 275^{m} pour la dernière.

Je n'ai considéré ici ni l'éruption centrale de 1899, qui appartient à un autre type, ni celle de 1908, qui a été avortée, probablement parce qu'elle n'a pas trouvé un passage préparé par une fente précédente. On sait qu'elle n'a duré qu'un jour (¹).

On pourrait remarquer que peut-être l'éruption de 1889 n'a fait que rouvrir une fente préexistante, celle de l'éruption de 1669; j'ai fait voir d'ailleurs, par une statistique de la position des cratères secondaires de l'Etna, que leur nombre maximum se trouve dans la direction radiale Sud-Sud-Est.

Il paraît plus difficile de trouver une relation entre l'éruption actuelle et

(¹) A. Lacroix, *Comptes rendus*, 25 mai et 12 juin 1908, et A. Riccò, *Bull. Accad. Gioenia Sc. nat. Catania*, 1908.

celle de 1908, car la direction de leurs fractures font entre elles un angle de 45°, et jusqu'à présent on n'a pas trouvé sur le terrain de trace de la continuation de l'une dans l'autre. Néanmoins, il faut remarquer que dans chacune de ces éruptions, le Piano del Lago a été fissuré; les fentes principales de 1910 sont dirigées au Nord jusqu'au pied oriental du Monte Frumento, comme en 1883. S'il y a des fissures joignant les deux appareils éruptifs, elles auront sans doute une allure très irrégulière, à cause de la complexité de la constitution de la partie haute du Val del Bove et elles seront difficiles à reconnaître, car cette région du volcan est d'un abord peu accessible.

Il y a lieu de remarquer enfin qu'au cours de l'éruption de 1910 les cratères de 1908 n'ont présenté aucune trace d'activité.

GÉOLOGIE. — *Sur l'évolution de l'hydrographie quaternaire dans la région de Constantine* (*Algérie*). Note de M. L. **Joleaud**, présentée par M. A. Lacroix.

L'Atlas tellien est constitué par une série de plis plus ou moins parallèles et de direction sensiblement oblique au rivage de la Méditerranée, qui paraissent avoir déterminé, dès l'Oligocène supérieur, la formation dans leurs intervalles d'un certain nombre de *bassins fermés*. Il ne semble pas que la grande transgression marine, qui se produisit au Miocène, ait modifié considérablement le relief du pays, car au Pontien, au Plaisancien, à l'Astien, des lacs lagunaires et des lacs d'eau douce occupaient toujours nombre de bas-fonds de l'Algérie intérieure et, un peu partout, il s'y formait des dépôts d'allure à peu près identique. La disposition des sédiments ultérieurs, siciliens, pléistocènes et néopléistocènes, varie, par contre, suivant qu'ils sont plus ou moins éloignés de la côte.

Aux environs de Constantine, dans la basse vallée du Bou Merzoug, nous avons observé six niveaux d'alluvions vers les altitudes relatives de 15^m-20^m, 30^m, 50^m-60^m, 100^m, 150^m, 200^m (1) et, sur les plateaux d'Aïn el Bey et du Mansoura, la nappe de 200^m est directement superposée à des travertins, sables et argiles avec faune de Mammifères caractéristique du Sicilien ancien, *Elephas meridionalis* Nesti, *Hippopotamus amphibius* L. var. *major* Cuv., *Equus Stenonis* Cocchi, etc. Il s'ensuit que *le creusement de la vallée près de Constantine est postérieur aux dépôts du niveau de* 200^m.

---

(1) M. le général de Lamothe a reconnu également six niveaux de terrasses à ces mêmes altitudes relatives dans le bassin de l'Isser.

Dans la moyenne vallée du Bou Merzoug, au voisinage d'Ouled Rahmoun, les travertins et les sables du Sicilien ancien, qui ne dominent plus le lit du cours d'eau que de 100^{m} environ, sont ravinés par des terrasses se montrant les unes vers 50^{m}, les autres vers 30^{m} et vers 15^{m}-20^{m} au-dessus de la rivière actuelle. *Dans la partie méridionale des monts de Constantine, le creusement des vallées a donc dû commencer un peu avant la phase de sédimentation des cailloutis de* 50^{m}.

Dans la zone limitrophe des monts de Constantine et des hautes plaines des Ouled Abd en Nour, particulièrement dans la moyenne vallée du Bou Merzoug, autour d'El Guerra, nous avons vu les travertins et les sables siciliens diminuer très sensiblement d'altitude par rapport au niveau des eaux actuelles, au-dessus desquelles ils ne s'élèvent guère que de 30^{m} environ. Les fermes du Gourzi sont installées sur la terrasse de 15^{m}-20^{m}, la seule qui paraisse exister. *Le creusement de la vallée aurait donc commencé, ici, un peu avant le dépôt de la terrasse de* 15^{m}-20^{m}.

Enfin, dans l'extrême nord des Hautes Plaines, entre Oued Seguin et Telergma, par exemple, le Sicilien et le Pléistocène, qui occupent de larges surfaces doucement inclinées, présentent une série d'assises superposées dans leur ordre de formation : ainsi, au-dessus des argiles du Pléistocène ancien à *Equus* cf. *Burchelli* Gray, *Bubalus antiquus* Dur., viennent d'autres argiles renfermant des restes de l'industrie moustérienne [1] (Pléistocène moyen). Tout cet ensemble argileux est raviné par l'Oued Seguin. *Dans la partie nord des Hautes Plaines, le creusement des vallées actuelles daterait donc seulement du début du Néopléistocène.*

Ces observations indiquent que les anciens bassins fermés de la région envisagée ont été successivement captés par des cours d'eau tributaires de la Méditerranée, et à des époques d'autant plus récentes que lesdits bassins étaient plus éloignés du littoral. Ces captures se sont accomplies très probablement lors des grands mouvements négatifs de la mer [2], au Néopléistocène ancien dans le nord des Hautes Plaines, au Pléistocène moyen dans la zone limitrophe des Hautes Plaines et des monts de Constantine, au Sicilien récent dans la partie méridionale des monts de Constantine, au Sicilien moyen dans les environs immédiats de cette ville [3].

Et cette évolution se continue à l'heure actuelle. Dans les Hautes Plaines, au sud de la tête du Bou Merzoug, on rencontre d'abord les *bassins mi-fermés* du chott Tinecilt et de la sebka ez Zmoul, puis, plus à l'intérieur,

---

(1) Thomas, *Mém. Soc. Géol. Fr.*, 3e série, t. III, n° 2, 1884, p. 36.

(2) Boule, *Les grottes de Grimaldi*, t. II, 1906. — L. Joleaud, *Les terrains quaternaires de la plaine du Comtat*, 1910.

(3) Suivant les observations de Ville, Pomel, de MM. Ficheur et Brives, la vallée de l'Oued Harrach a été creusée à 200^{m} au-dessous du lit actuel et une large plateforme côtière a été émergée autrefois au nord de la Bouzaréa et sur l'emplacement d'une partie du golfe de Gabès.

les *bassins encore complètement fermés* de la sebka Djendeli et des Gueraa. Les premiers reçoivent une partie des eaux du revers nord-ouest de l'Aures ([1]) et, en cas de crue excessive, ces eaux effluent vers le Bou Merzoug ([2]).

HYDROLOGIE. — *Recherches sur l'ionisation de la source chaude des thermes d'Hammam-Salahin, près de Biskra.* Note de M. **Albert Nodon**, présentée par M. Edmond Perrier.

Pendant un séjour dans le Sud-Algérien pour y remplir une mission scientifique, j'ai eu la bonne fortune de pouvoir étudier l'ionisation et la radioactivité de l'eau de la fontaine chaude d'Hammam-Salahin.

Cette source est située à 6^{km} au nord de Biskra, au pied des derniers contreforts des monts Atlas.

Son débit est de 1500^{l} à la minute et sa température au griffon est de 46° C.

A son point d'émergence elle présente une belle teinte bleu foncé; sa limpidité est grande en temps habituel; mais par les journées orageuses comme celles du 27 et du 28 mars 1910, l'eau prend au contraire une teinte opalescente qui provient de la mise en liberté de soufre pulvérulent provenant des sulfures qu'elle renferme.

L'eau d'Hammam-Salahin est chlorurée, sodique et sulfurée. Sa saveur est franchement salée et son odeur sulfureuse. Le soufre s'y trouve à l'état de sulfure de sodium.

Ces eaux sont employées en boisson, mais surtout sous forme de bains, pour le traitement des affections cutanées, des voies respiratoires, de l'arthritisme, du lymphatisme et dans les affections utérines.

Grâce à l'obligeance du directeur de l'établissement, je pus me procurer 1^{l} d'eau puisée au griffon même.

Le flacon fut complètement rempli et bien bouché, et je pus en effectuer l'analyse radioactive à Biskra, 3 heures après la prise.

([1]) Une autre partie des eaux du revers nord-ouest des montagnes de l'Aures, situées à 50^{km} au sud du chott Tinecilt, a été plus ou moins parfaitement captée par l'oued el Kantara au profit du bassin saharien du chott Melrir.

([2]) Le chott Tinecilt et la sebka ez Zmoul se trouvent à 2^{km} à peine de ravines normalement tributaires du Bou Merzoug. Les récents phénomènes de capture des Hautes Plaines constantinoises ont fait l'objet d'une controverse entre MM. Grund (*Sitzber. d. k. k. Akad. d. Wiss. zu Wien*, t. LXV, 1906, p. 525) et Passarge (*Globus*, t. XCIV, 1908, p. 169). — Voir, à ce sujet, L. Joleaud et A. Joly, *Ass. franç. Av. Sc.*, t. XXXVIII, Lille, 1909, p. 200.

J'utilisais dans ce but un électromètre à feuille d'aluminium, d'un modèle spécial, que j'avais transporté pour effectuer des recherches sur la Physique du globe terrestre.

Je m'étais également muni d'un étalon de 1^g d'oxyde noir d'uranium en prévision d'analyses sur la radioactivité.

Une petite balance complétait cet outillage qui me permit de déterminer le degré d'ionisation de cette eau avec suffisamment d'exactitude.

En prenant pour unité l'ionisation produite par 1^g d'oxyde noir d'uranium, l'ionisation *positive* de l'eau fut trouvée égale à 0,1 par litre et l'ionisation négative à 0,05 par litre.

L'eau est donc à la fois radioactive dans la proportion de 0,05 par litre, et *ionisée positivement* dans la même proportion de 0,05.

La polarité nettement positive de cette source lui communique des propriétés calmantes, sédatives et cicatrisantes analogues à celles que j'avais déjà constatées dans diverses sources sulfureuses de la région des Pyrénées.

La radioactivité et l'ionisation des sources thermales paraît donc être un fait général, aussi bien en Europe qu'en Afrique, et le signe de la polarisation de l'eau paraît jouer un rôle de premier ordre dans les propriétés thérapeutiques et chimiques de ces sources thermales.

La séance est levée à 4 heures et quart.

G. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 11 avril 1910.

Icones mycologicæ, par Boudier, Correspondant de l'Institut; 6e série, livraison 28. Paris, Paul Klincksieck, 1910; 1 fasc. in-4°. (Hommage de l'auteur.)

Rapport sur l'attribution du prix Fontannes [de la Société géologique de France], par W. Kilian, Correspondant de l'Institut. Paris, 1909; 1 fasc. in 8°. (Hommage de l'auteur.)

Sur le gisement bajocien de Villard-d'Arène (*Hautes-Alpes*) *et sur un Échinide nouveau du Massif du Pelvoux*, par MM. W. Kilian, Correspondant de l'Institut, et Jules Lambert. Grenoble, 1909; 1 fasc. in-8°.

Die Theorie des Färbeprozesses, von L. Pelet-Jolivet, mit 14 Abbildungen und mehreren Tabellen. Dresde, Theodor Steinkopff, 1910; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Haller.)

Statistique sanitaire de la France; 1re partie : *Villes de 5000 habitants et au-*

dessus, année 1908, 23e année. Ministère de l'Intérieur, Direction de l'Assistance et de l'Hygiène publiques, 5e Bureau; 1910. 1 vol. in-8°.

Commission du Service géologique du Portugal. Mollusques tertiaires du Portugal. Le Pliocène au nord du Tage (Plaisancien), par GUSTAVE-F. DOLLFUS et J.-C. BERKELEY COTTER; 1re partie : *Pelecypoda*, précédée d'une Notice géologique, avec 9 planches. Lisbonne, Imprimerie nationale, 1909; 1 fasc. in-4°.

Notes botaniques sur la région du bas et moyen Congo; fascicule I : *Plantes principales de la région de Kisantu, leur nom indigène, leur nom scientifique, leurs usages*, par J. GILLET et E. PÂQUE. (*Annales du Musée du Congo belge : Botanique*, 5e série.) Bruxelles, Spineux, 1910; 1 fasc. in-f°.

Bericht über die aerologische Expedition des königlichen aeronautischen Observatoriums nach Ostafrica im Jahre 1908, erstattet von ihrem Leiter ARTHUR BERSON; mit 13 in den Text gedruckten Abbildungen und 21 Tafeln. (*Ergebnisse der Arbeiten des königlich-preussischen aeronautischen Observatoriums bei Lindenberg*, herausgegeben durch dessen Direktor RICHARD ASSMANN.) Brunswick, Friedrich Vieweg et fils, 1910; 1 vol. in-4°.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 18 AVRIL 1910.

Le Opere di Galileo Galilei, edizione nazionale sotto gli auspicii di Sua Maesta il Re d'Italia; Volume XX ed ultimo. Florence, Barbera, 1909; 1 vol. in-4°. (Offert par M. le Ministre de l'Instruction publique d'Italie. Présenté par M. Ph. van Tieghem.)

Observatoire national astronomique, chronométrique et météorologique de Besançon. XXIe Bulletin chronométrique, année 1908-1909, publié par M. A. LEBEUF, Directeur de l'Observatoire. Besançon, J. Millot et Cie, 1909; 1 fasc. in-4°. (Présenté par M. Ph. van Tieghem.)

Fabrication et emploi des matériaux et produits réfractaires utilisés dans l'industrie, par ALBERT GRANGER. Paris, Ch. Béranger, 1910; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Troost.)

Le point sans l'horizon de la mer. Horizon gyroscopique de l'amiral Fleuriais, modèle de MM. PONTHUS et THERRODE, constructeurs, par M. L. FAVÉ. Paris, R. Chapelot et Cie, 1910; 1 fasc. in-8°.

On a certain cubic surface called the Möbius surface, by C.-E. CULLIS; part 2. (*Bull. of the Calcutta Math. Soc.*, t. I, n° 2, july 1909.) 1 fasc. in-8°.

Contributions to the theory of screws, by Sir ROBERT BALL. (*Proceedings of the Royal Irish Academy*, t. XXVIII, sect. A, n° 2.) Dublin, 1910; 1 fasc. in-4°.

The fruits of medical research with the aid of anœsthesia and asepticism, by CHARLES-W. ELIOT. Address delivered at the Massachusetts general Hospital on the sixty-third anniversary of Ether Davy, october 16, 1909. Boston, imp. Barta; 1 fasc. in-8°.

Estudio anatomico de la piel del gallipato, por JOSÉ GOGORZA. (*Mem. R. Soc. esp. Hist. nat.*, t. VI, n° 3, 1909.) Madrid, 1 fasc. in-8°.

Annali dell' Ufficio centrale meteorologico e geodinamico italiano; serie seconda,

t. XVIII, parte 3ª, 1896; t. XIX, parte 1ª, 1897; t. XXVII, parte 1ª, 1905; t. XXVIII, parte 1ª, 1906. Rome, Imprimerie nationale de G. Bertero et Cie, 1907-1909; 4 vol. in-4°.

Ouvrages reçus dans la séance du 25 avril 1910.

Studio sullo sviluppo dei metodi geometrici, Conferenza del prof. Gastone Darboux, letta il 24 settembre 1904 al *Congresso delle Scienze ed Arti*, a Saint-Louis. (Extr. de *Periodico di Matematica*, 25e année, fasc. 4 et 5, 1910.) 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

Rapport : *La Carte internationale de la Terre à* $\frac{1}{1000000}$, par M. Alfred Grandidier. (Extr. des *Comptes rendus*, t. 150, p. 193; séance du 24 janvier 1910.) Paris, Gauthier-Villars; 1 fasc. in-4°.

Le classement et les catalogues des Ouvrages imprimés à la Bibliothèque de l'Institut, par Henri Dehérain. (Extr. du *Bulletin de l'Association des Bibliothécaires français*, janvier-février-mars 1910.) Paris, imp. Berger et Chausse, 1910; 1 fasc. in-8°. (Présenté par M. Darboux. Hommage de l'auteur.)

Muséum d'Histoire naturelle de Genève. *Catalogue illustré de la Collection Lamarck : Brachiopodes fossiles;* 22 planches. Genève, Georg et Cie, 1910; un portefeuille in-4°. (Présenté par M. Edmond Perrier.)

Kataloge der Inkunabeln der Schwedischen öffentlichen Bibliotheken, von Isak Collijn. III : *Katalog der Inkunabeln der Stifts- und Gymnasial-Bibliotek zu Linköping*. Upsal, Almqvist et Wiksell, et Leipzig, Rudolf Haupt, 1909; 1 fasc. in-8°.

Observatoire national de Besançon. Règlement chronométrique, applicable à partir du 1er mai 1910. Besançon, J. Millot et Cie, 1909; 1 fasc. in-8°.

Rapport sur le Concours de réglage de chronomètres de l'année 1909, présenté à la Classe d'Industrie et de Commerce de la Société des Arts de Genève, le 21 février 1910, par M. le professeur Raoul Gautier, directeur de l'Observatoire de Genève. s. l. n. d.; 1 fasc. in-8°.

Les prix Nobel en 1907. Stockholm, Imprimerie royale P.-A. Norstedt et fils, 1909; 1 vol. in-8°. (Publication faite par ordre des corporations chargées de décerner les prix Nobel.)

Universitati Lipsiensi sæcularia quinta diebus XXVIII-XXX mensis julii A. D. MCMIX celebranti gratulantur Universitatis Upsaliensis Rector et Senatus. Upsala, Almqvist et Wiksell, 1909; 1 fasc. in-4°.

Le centenaire du « Journal de Pharmacie et de Chimie », 1809-1909. *Histoire du Journal et Notices biographiques*, par Émile Bourquelot, avec 32 portraits. Paris, Octave Doin et fils, 1910; 1 fasc. in-8°.

Fondation pour l'Internationalisme : *L'Internationalisme médical*, par P.-H. Eijkman. (Publication du « Bureau préliminaire de la Fondation pour l'Internationalisme », à La Haye.) Amsterdam, F. van Rossen, 1910; 1 vol. in-8°.